

A Qualidade da Água Subterrânea e as Práticas Agrícolas

Caso de estudo: Zona Vulnerável aos Nitratos do Tejo

Afonso Vaz Pinto Faro

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientadores: Maria do Rosário da Conceição Cameira
João Rui Rolim Fernandes Machado Lopes

Jurí:

Presidente: Doutor António José Guerreiro de Brito, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Vogais: Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora;

Licenciada Patrícia Maria Álvares Moreira da Fonseca de Jardim Anjos, Chefe de Divisão da Divisão de Gestão dos Recursos Naturais da Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, na qualidade de especialista.

Agradecimentos

Chegada a fase de conclusão do meu curso e da minha dissertação de mestrado, existem alguns reconhecimentos que não podem deixar de ser feitos.

Um grande agradecimento à professora Maria do Rosário Cameira pela incansável ajuda no desenvolvimento desta dissertação, nomeadamente por estar sempre disponível, pela paciência, pelas correções feitas quando necessário sem nunca me desmotivar e pelas valiosas contribuições para o trabalho.

Agradeço também ao professor João Rolim pela sua valiosa ajuda na realização da parte prática da dissertação, da sua transmissão de conhecimentos, do seu rigor e da sua capacidade de estímulo e encorajamento durante todo este processo.

Tendo consciência que sozinho nada disto teria sido possível, dirijo um especial agradecimento à minha família pela confiança depositada, pela força e pela orientação que transmitiram ao longo do meu crescimento.

À minha namorada, por se ter mostrado sempre disponível a ajudar, pela sua paciência e compreensão que contribuíram para o sucesso desta dissertação.

A todos os meus amigos pelo seu companheirismo e incentivo durante todo este processo, incitando-me intelectual e emocionalmente.

Agradeço ao Projeto NitroPortugal (H2020-TWINN-2015) no âmbito do qual o presente trabalho foi realizado.

Acima de tudo quero agradecer novamente aos meus orientadores por me terem acompanhado neste percurso e por estimularem o meu interesse na área, contribuindo para a concretização desta dissertação.

Resumo

A Diretiva dos Nitratos da Comissão Europeia (CE) determinou que áreas que drenem para águas poluídas com nitratos sejam designadas de Zonas Vulneráveis aos Nitratos (ZVN). Nestas, os Estados Membros devem estabelecer programas contendo medidas a adotar pelos agricultores. Devem também reportar à CE o estado das águas e a estimativa de tendências na sua qualidade.

Este estudo pretende contribuir para a identificação de fontes de contaminação das águas subterrâneas da ZVN do Tejo associadas à atividade agropecuária; e verificar se ocorreram alterações nas tendências do balanço de azoto e dos nitratos nas águas após a designação de ZVN. A metodologia utilizada consistiu na realização do balanço bruto de azoto ao nível da freguesia, na análise espaço-temporal das concentrações de nitratos nas águas e na definição de índices de risco. O estudo foi efetuado para os anos do Recenseamento Geral Agrícola (1989 a 2009), o único que fornece dados ao nível geográfico da freguesia.

Os resultados mostram uma redução de 33 % no N *surplus* entre 1989 e 2009. A principal entrada no balanço correspondeu aos fertilizantes minerais, sendo exceção os concelhos com elevada produção pecuária, onde o efluente pecuário assumiu maior importância. Nos concelhos com grande área regada, o N contido na água de rega teve também um peso significativo no balanço. As maiores concentrações de nitratos observaram-se nos Aluviões do Tejo (AT), e embora em muitos locais, sejam superiores ao valor máximo admissível, mostram tendência decrescente. No aquífero semi-confinado da Margem Esquerda/Direita (MD/ME), observa-se que, nos poços com menores concentrações, estas têm vindo a aumentar. O índice global de risco foi um bom estimador da concentração de nitratos e da sua evolução temporal no aquífero dos AT. No aquífero semi-confinado MD/ME foi, por vezes, difícil relacionar os resultados do índice de risco global com o estado da água subterrânea.

Palavra-Chave: Zona Vulnerável aos Nitratos, Bacia do Tejo, Balanço Bruto de Azoto, Águas Subterrâneas, Diretiva Nitratos.

Abstract

The European Commission (EC) Nitrates Directive determined to be designated as Nitrate Vulnerable Zones (NVZ) to those areas that drain into nitrate polluted waters. In these areas, Member States must establish programs containing measures to be adopted by farmers. They should also report to the EC the water status and the estimation of trends in its quality

This study aims to contribute to the identification of the groundwater contamination sources in the Tagus NVZ associated to agricultural practices; and verify if there have been changes in nitrogen balance and in nitrate groundwater trends after the designation of NVZ. The used methodology consisted on the gross nitrogen budget at parish level, the spatial-temporal analysis of water nitrate concentrations and the definition of risk indexes. The study was carried out for the years of the Agricultural General Census (1989 to 2009), that provides disaggregated data into parish's geographical level.

The results show a 33 % reduction of the N surplus in the 1989-2009 period. The main input in the balance corresponded to mineral fertilizers, except for municipalities with high livestock production, where animal manure assumed greater importance. Municipalities with a large area of irrigated crops the N contained in the irrigation water presented a high weight on the balance. The highest concentrations of nitrates were observed in *Aluviões do Tejo* (AT) overcoming in many places the maximum admissible value. None the less they presented a decreasing tendency. In the semi-confined aquifer - *Margem Esquerda/Direita* (ME/MD) – it's observed that in wells with the lower concentrations the nitrate contamination is increasing over time. The overall risk index was a good estimator of $[\text{NO}_3^-]$ and its temporal evolution in the AT's aquifer. In the semi-confined aquifer (MD/ME) was harder, in some cases, to relate the results of the overall risk index with the groundwater status.

Keywords: Nitrate Vulnerable Zone, Tagus River Basin, Gross Nitrogen Budget, Groundwater, Nitrates Directive.

Índice

Agradecimentos	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice de Figuras.....	VI
Índice de Quadros	VII
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento, objetivos e metodologia geral da dissertação	1
1.2 Organização da dissertação	3
2 Revisão Bibliográfica	4
2.1 Recursos hídricos.....	4
2.1.1 Origens e usos	4
2.1.2 Qualidade das águas e impactos na saúde e nos ecossistemas	4
2.1.3 Fontes de contaminação.....	5
2.2 Azoto nos ecossistemas agrícolas	6
2.2.1 O ciclo do azoto	6
2.2.2 A lixiviação de N.....	7
2.2.3 Avaliação da eficácia das medidas de mitigação	7
2.3 Zonas vulneráveis aos nitratos	8
2.3.1 O que são zonas vulneráveis.....	8
2.3.2 Enquadramento legal	10
2.3.3 Caso de estudo: Zona vulnerável do Tejo	12
3 Materiais e métodos.....	14
3.1 Metodologias utilizadas na recolha e seleção de dados.....	14
3.1.1 Dados dos solos, da topografia do terreno e dos limites geográficos	16
3.1.2 Dados relativos às culturas	18
3.1.3 Dados de produção animal	19
3.1.4 Dados relativos às águas subterrâneas.....	19
3.1.4.1 Concentração de nitratos nas águas subterrâneas	19
3.1.4.2 Profundidade dos aquíferos	20
3.2 Metodologia para a criação do mapa de solos da ZVT	21
3.3 Cálculo do balanço bruto de azoto.....	25
3.3.1 Fertilizantes minerais	26
3.3.2 Efluentes pecuários.....	27
3.3.3 N na água de rega	29
3.3.4 Deposição atmosférica.....	30
3.3.5 Fixação biológica	30
3.3.6 Resíduos de culturas anteriores	31
3.3.7 Exportação de N	31
3.4 Índices de risco	32
3.4.1 Índice de risco associado à profundidade da toalha freática.....	32
3.4.2 Índice de risco associado à permeabilidade dos solos.....	32

3.4.3	Índice de risco associado ao excesso de N calculado para cada concelho	32
3.4.4	Índice de risco global	33
4	Resultados.....	34
4.1	Caracterização espacial da ZVT	34
4.1.1	Freguesias abrangidas pela zona vulnerável	34
4.1.2	Topografia e relevo	35
4.1.3	Uso e ocupação do solo na ZV Tejo.....	35
4.1.4	Profundidade dos aquíferos	36
4.1.4	Distribuição espacial dos solos	39
4.1.5	Ocupação agrícola. Distribuição espacial e temporal.....	40
4.2	Balanço de azoto agrícola na Zona Vulnerável do Tejo	43
4.2.1	Entradas do balanço de N	43
4.2.2	Exportação de N	48
4.2.3	N <i>surplus</i>	48
4.2.3.1	Distribuição espacial do N <i>surplus</i>	48
4.2.3.2	Discussão da relação entre N <i>surplus</i> , área agrícola e ocupação agrícola e pecuária	51
4.3	Avaliação do risco de contaminação da água subterrânea com NO ₃ ⁻	56
4.3.1	Risco associado ao solo	56
4.3.2	Risco associado à TF.....	57
4.3.3	Risco associado ao N <i>surplus</i>	57
4.3.4	Risco global.....	58
4.4	Nitratos na rede de monitorização	58
4.4.1	Análise geral	58
4.4.2	Distribuição geográfica do N na água subterrânea	61
4.5	Análise de tendências	63
4.5.1	Evolução temporal do N <i>surplus</i> na ZVT	63
4.5.2	Evolução temporal da concentração de NO ₃ ⁻ nas águas subterrâneas	64
4.5.3	O risco global e a concentração de NO ₃ ⁻ nas águas subterrâneas	71
4.6	Fontes de incerteza nos resultados do balanço bruto de azoto	73
4.6.1	Constrangimentos na obtenção dos dados de base para o trabalho	73
4.6.2	Incertezas no cálculo do balanço bruto de azoto.....	74
5	Conclusões.....	75
6	Referências Bibliográficas	78
7	Anexos	82

Índice de Figuras

Figura 1 – Ciclo do azoto e os seus principais fluxos (adaptado de Sutton, 2011)	6
Figura 2 Zonas Vulneráveis no território Português (adaptado da Portaria nº 164/2010 de 16 de Março).....	9
Figura 3 – Localização da Zona Vulnerável do Tejo relativamente à área de intervenção da Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo	12
Figura 4 – Representação esquemática dos aquíferos e do Aquitardo que os separa (adaptado de J.L., Mendonça, 2009).....	13
Figura 5 – a) Cobertura incompleta da ZVT pela Carta de Solos de Portugal; b) grau de detalhe da CSP e c) grau de detalhe da carta do Atlas do Ambiente (CAA).....	16
Figura 6 - Esquema geral da metodologia utilizada para a produção do mapa de solos da ZVT.	21
Figura 7 - Esquema do processamento das cartas de solos CSP e CAA para obtenção da carta de solos da ZVT.	22
Figura 8 - Calculadora de campos para reclassificar a nomenclatura dos solos da ZVT.....	23
Figura 9 – Excerto do <i>script</i> com o comando case para reclassificação de solos.....	24
Figura 10 – Esquema de imagens (<i>layers</i>) geradas através dos comandos “ <i>dissolve</i> ” e “ <i>categorize</i> ”	24
Figura 11 – Esquema geral do SIG desenvolvido para definição das manchas de solo da ZVT para realização do balanço de azoto.....	25
Figura 12 - Mapa de solos final	25
Figura 13 – Consumo aparente de fertilizantes em Portugal (INE, 2017).	27
Figura 14 - Freguesias abrangidas total ou parcialmente pela zona vulnerável.....	34
Figura 15 - Zona vulnerável do Tejo com as curvas de nível representadas	34
Figura 16 – Evolução da ocupação agrícola e florestal do solo na ZVT (CLC, 2009, 2012).....	36
Figura 17 - Distribuição espacial dos aquíferos na ZVT a); Rede de quantidade das águas subterrâneas na ZVT b).....	37
Figura 18 – Mapas de isolinhas das profundidades dos aquíferos.....	38
Figura 19 - Mapa de solos da ZV Tejo com agregação até à Sub-Ordem	39
Figura 20 – Distribuição espacial das culturas, por concelho, em 2009.	40
Figura 21 – Distribuição geográfica das culturas de milho-grão (topo) e hortícolas – horto industriais (base) na ZVT para os três anos em análise	41
Figura 22 – Distribuição geográfica das culturas leguminosas (grão e prados) (topo) e forrageiras (base) na ZVT para os três anos em análise	42
Figura 23 - Quantidade de N no efluente produzido por concelho (Topo); N entrado no balanço por via da aplicação de efluente pecuário (Base)	44
Figura 24 – Entradas de N no balanço bruto de N por concelho para os três anos em análise: a) 1989, b) 1999 e c) 2009.	45
Figura 25 - Entradas de N no balanço, a nível da zona vulnerável	46
Figura 26 - Representação da distribuição geográfica das cargas de N imputadas no ano 2009	47
Figura 27 - Exportações de N para os três anos do balanço bruto de azoto.....	48
Figura 28 - Distribuição geográfica do N <i>surplus</i> para os três anos de cálculo do balanço bruto de azoto	49
Figura 29 – Evolução da superfície agrícola utilizada entre 1989 e 2009: a) na ZVT; b) no concelho do Montijo.	52
Figura 30 – Evolução das áreas das culturas nos concelhos com maiores variações de N <i>surplus</i> : Benavente (+ 14%) e Montijo (-93%)	54
Figura 31 – Evolução da ocupação cultural em alguns concelhos da ZVT.	55
Figura 32 - Mapa do risco associado à permeabilidade dos solos	56
Figura 33 – Mapa de risco da profundidade da toalha freática.....	57
Figura 34 – Evolução temporal do índice de risco do excesso de N.	59

Figura 35 - Mapas do índice de risco global de contaminação das águas subterrâneas com nitratos de origem agrícola	60
Figura 36 – a) Mapa com poços de qualidade dos diferentes aquíferos; b) Distribuição geográfica das concentrações de $\text{NO}_3^- > 50 \text{ mg L}^{-1}$ nas águas subterrâneas	62
Figura 37– Distribuição geográfica das $[\text{NO}_3^-]$ mais elevadas observadas em 2009 e 2015.	63
Figura 38 - Evolução temporal do N <i>surplus</i> para os concelhos pertencentes à ZVT.....	64
Figura 39 – Evolução temporal da concentração de NO_3^- nos poços da rede de monitorização do aquífero dos Aluviões do Tejo. Poços agrupados por valor máximo: a) menor que 50, b) entre 50 e 100, c) maior que 100 mg L^{-1}	65
Figura 40 - Evolução temporal da concentração de NO_3^- dos poços da rede de monitorização da Margem Esquerda e Direita.....	66
Figura 41 – Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização da água subterrânea do concelho da Golegã. Aluviões do Tejo.	67
Figura 42- Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização da água subterrânea do concelho de Abrantes. Aluviões do Tejo.....	67
Figura 43 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização da água subterrânea do concelho de Benavente. Aluviões do Tejo.	68
Figura 44 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização dos concelhos de Almeirim e Salvaterra de Magos. Aluviões do Tejo e Margem Esquerda. ...	69
Figura 45 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização do concelho de Palmela. Margem Esquerda.	70
Figura 46 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização dos concelhos de Alcochete, Moita e Montijo. Margem Esquerda.	71

Índice de Quadros

Quadro 1 – Legislação referente à Diretiva Nitratos (adaptado de DRAPLVT, 2017).....	11
Quadro 2 - Fontes <i>online</i> utilizadas para a recolha de dados.....	15
Quadro 3 - Classes de permeabilidade do solo (adaptado de ARS/USDA, 1994)	17
Quadro 4 – Grupos de culturas considerados na extração de informação.....	18
Quadro 5 – Taxas de fertilização máxima admitidas para cada cultura dentro da ZV (adaptado de DRAPLVT, 2004)	27
Quadro 6 – Dados utilizados na estimativa do N excretado no efluente pecuário (adaptado de Dong et al., 2006)	28
Quadro 7 - Fixação média de N por unidade de área pelas culturas leguminosas existentes na ZVT (adaptado de Dias, 1997; Baddley et al., 2013)	30
Quadro 8 – Quantidade de N Azoto a adicionar ou retirar no cálculo da fertilização de acordo com o tipo de cultura precedente (DRAPLVT, 2004)	31
Quadro 9 – Classes de índice de risco associado à profundidade da toalha freática	33
Quadro 10 - Classes de índice de risco associado à permeabilidade dos solos	33
Quadro 11 – Classes de índice de risco global da contaminação das águas subterrâneas com NO_3^-	33
Quadro 12 – Percentagem da ocupação do solo das classes mais representativas	35
Quadro 13 - Áreas percentuais das Sub-Ordens de solo na ZVT	39
Quadro 14 – N <i>surplus</i> ($\text{kg N (ha SAU)}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) por concelho da ZVT.....	50
Quadro 15 – Concelhos com maiores e menores valores de N <i>surplus</i>	51
Quadro 16 – Categorização dos solos, ao nível da Sub-Ordem, quanto à permeabilidade, sua distribuição percentual na ZVT e índice de risco associado	56
Quadro 17 - Índice de risco associado ao N <i>surplus</i>	57
Quadro 18 – Estatísticas das concentrações de nitratos $[\text{NO}_3^-]$ nos diferentes aquíferos	58
Quadro 19 – Percentagem da distribuição dos poços por diferentes intervalos de concentrações de nitratos	58

Lista de acrónimos

AR	Azoto na Água de Rega
AT	Aluviões do Tejo
BBN	Balanço Bruto de Azoto
CAA	Carta do Atlas do Ambiente
CAOP	Carta Administrativa Oficial de Portugal
CBPA	Código de Boas Práticas Agrícolas
CE	Comissão Europeia
CLC	CORINE Land Cover
CSP	Carta de Solos de Portugal
DAtm	Deposição Atmosférica
DGADR	Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DGT	Direção Geral do Território
DQA	Diretiva Quadro da Água
DRAPA	Direção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo
DRAPLVT	Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo
EA	Efluente animal
EMEP	<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i>
Exp	Exportação
FB	Fixação Biológica
FM	Fertilizantes Minerais
I _G	Índice de Risco Global
IGeo	Informação Geográfica
IHERA	Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente
I _N	Índice de Risco associado ao excesso de Azoto
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
I _s	Índice de Risco associado à permeabilidade dos Solos
I _{TF}	Índice de Risco associado à profundidade da Toalha Freática
MD	Margem Direita
ME	Margem Esquerda
MN	Montemor-O-Novo
MR	Mineralização de Resíduos
N	Azoto
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
QGIS	Quantum GIS
RA	Região Agrária
RGA	Recenseamento Geral Agrícola
SAU	Superfície Agrícola Utilizada
SIG	Sistema de Informação Geográfico
SM	Salvaterra de Magos
SNIAmb	Sistema nacional de Informação do Ambiente
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SROA	Serviço de Reconhecimento e Desenvolvimento Agrário
TN	Torres Novas
UE	União Europeia
UF	União das Freguesias
VFX	Vila Franca de Xira
VN	Vendas Novas
VNB	Vila Nova da Barquinha
ZV	Zona Vulnerável
ZVT	Zona Vulnerável do Tejo

1 Introdução

1.1 Enquadramento, objetivos e metodologia geral da dissertação

A proteção das águas subterrâneas é uma prioridade na política ambiental da União Europeia (EU), por vários motivos. Com efeito, sendo a água subterrânea usada frequentemente para a produção de água potável para consumo humano, para a indústria e/ou para a agricultura, a sua contaminação pode pôr em perigo a saúde humana para além de ameaçar o desenvolvimento dessas atividades. Dadas as suas características, uma vez contaminadas, é difícil recuperar a sua qualidade podendo as consequências durar por décadas. Por outro lado, as águas subterrâneas fornecem o escoamento de base para muitos rios e, portanto, podem também afetar a qualidade dos sistemas de água de superfície.

A Diretiva Quadro da Água (DQA) é um instrumento legislativo Europeu que tem como objetivo fazer com que cada Estado Membro consiga atingir uma gestão integrada da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos com vista à melhoria da qualidade ambiental. Para tal, exige a implementação de várias Diretivas Europeias, entre as quais, a Diretiva Nitratos, que tem como objetivo específico reduzir a poluição causada por nitratos de origem agrícola e prevenir poluições futuras (EC, 2010). Mais concretamente, proteger as origens de água para consumo humano, os sistemas aquáticos e salvaguardar outras utilizações legítimas da água.

A agricultura é, na Europa, uma das principais fontes de poluição de azoto (N) através das emissões difusas de amoníaco (NH_3), óxido de azoto (N_2O) e diazoto (N_2) para a atmosfera e do ião nitrato (NO_3^-) para as águas superficiais e subterrâneas (Oenema et al., 2011). Os sistemas agrícolas apresentam muitas vezes uma baixa eficiência de utilização de N, especialmente quando a sua aplicação é exagerada. As aplicações excessivas de fertilizantes minerais e de origem animal, conduzem a custos ambientais, através das perdas de N no ambiente, nomeadamente a poluição por nitratos em cursos de água e emissões de amónia e óxidos de azoto para a atmosfera, causando impactos na saúde humana (Addiscott, 1996, Di e Cameron, 2002), na biodiversidade e contribuindo para as alterações climáticas, devido a formações de outras moléculas que de N voláteis, como o óxido nitroso (N_2O) e óxidos de azoto (NO_x), causando fenómenos como efeito de estufa e o *smog*, respetivamente (Erisman, 2011).

Qualquer que seja a forma de N, esta é mais ou menos rapidamente convertida na forma nítrica (NO_3^-). O NO_3^- é dotado de grande solubilidade, por isso quando presente no solo, é facilmente arrastado pelas águas das chuvas ou de rega tendo como destino final as águas subterrâneas e superficiais, que, juntamente com o ião fósforo, contribuem com processos de eutrofização (Smith et al., 1999).

Para além da questão da eutrofização dos ecossistemas aquáticos, a poluição da água com nitratos tem impactos na saúde humana, provocando doenças como methaemoglobinaemia nas crianças, mas também cancros e problemas cardíacos em adultos (Ward et al., 2005).

Em resposta a esta ameaça, a União Europeia (UE) implementou a Diretiva Nitratos que visa reduzir a poluição das águas causada ou induzida por nitratos de origem agrícola e impedir a propagação da poluição nas massas de água (91/676/CEE), com recurso a novas medidas políticas e ferramentas de gestão. Esta medida passa, primeiramente, por identificar as zonas vulneráveis a nitratos, isto é, zonas que drenam para as águas poluídas ou suscetíveis de serem poluídas por nitratos e onde se praticam atividades agrícolas que possam contribuir para a poluição das mesmas (91/676/CEE) e, numa segunda fase, aplicar boas práticas agrícolas com recurso a estudos já realizados.

No último relatório oficial de Portugal (período de 2012-2015), para dar cumprimento às obrigações decorrentes da implementação da Diretiva 91/676/CEE (DGADR/APA, 2012), considera-se que a concentração de nitratos em algumas zonas vulneráveis se mantém preocupante, pelo que, se torna urgente a avaliação das possíveis causas. A Zona Vulnerável do Tejo corresponde a um desses casos.

Este estudo tem, então, como objetivo geral contribuir para a avaliação das possíveis fontes de contaminação das águas subterrâneas da Zona Vulnerável do Tejo provenientes da atividade agropecuária; e também verificar se, após designação de Zona Vulnerável (2004), ocorreram alterações nas tendências de *N surplus* e de nitratos na água subterrânea. Em particular pretende-se:

- (a) obter o *N surplus* agrícola por freguesia da ZVT através da realização de um balanço bruto de azoto (BBN) detalhado para os últimos três anos do Recenseamento Geral Agrícola (1989, 1999, 2009);
- (b) recolher, tratar e analisar as concentrações de nitratos nos dois aquíferos principais da ZVT ao longo dos anos de existência de dados;
- (c) avaliar o risco global de contaminação das águas subterrâneas para diferentes regiões da ZVT;
- (d) encontrar, através da comparação dos dois anteriores, possíveis causas para os desequilíbrios do balanço de N.

É ainda de referir que este trabalho foi realizado no âmbito do Projeto NitroPortugal (H2020-TWINN-2015).

De um modo geral, a metodologia utilizada neste trabalho integra as entradas de azoto de origem agrícola, ao nível da ZVT, com a contaminação por nitratos observada nos aquíferos,

consistindo: (i) na realização do balanço bruto de azoto ao nível da freguesia, com base na metodologia da OCDE (Eurostat, 2013); (ii) na realização de uma análise espaço-temporal às concentrações de nitratos nas águas dos poços da rede nacional de monitorização; e (iii) na definição de índices de risco. Para a sua implementação recorreu-se, entre outros, a dados estatísticos agrícolas publicados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) e a dados de concentração de nitratos nas águas subterrâneas publicados pela APA. Todo este trabalho foi desenvolvido recorrendo a um sistema de informação geográfico (SIG), denominado por Quantum GIS (QGIS), de modo permitir a recolha, compilação e manipulação dos dados espacialmente distribuídos que cobrem a região da ZVT.

1.2 Organização da dissertação

Este trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos. No primeiro é feito o enquadramento do tema em estudo, apresentam-se os objetivos do trabalho e descreve-se sucintamente a metodologia de base. No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica do ciclo do azoto e apresentando-se o caso de estudo da Zona Vulnerável do Tejo. No Capítulo 3, descreve-se pormenorizadamente a metodologia utilizada para a realização do trabalho. No 4º Capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos durante as diferentes fases do trabalho, tentando uma abordagem conceptual e integrada. Finalmente, no último Capítulo, apresentam-se as conclusões do trabalho. Em Anexo apresentam-se alguns elementos de base que não se justificava integrar no texto principal, mas que se considera serem de utilidade para análise.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Recursos hídricos

2.1.1 Origens e usos

As origens de água podem dividir-se em superficiais e subterrâneas, estando as primeiras à superfície, armazenadas em corpos de água e, as segundas, armazenadas em formações geológica - aquíferos. Contudo, esta análise está dificultada por uma limitação de carácter concetual, que deriva da própria dificuldade em traçar a fronteira entre águas superficiais e águas subterrâneas uma vez que, muitas vezes, a alimentação das linhas de água se faz a partir dos lençóis freáticos, sobretudo no verão e por outro lado os caudais que escoam nas linhas de água contribuem para recarga dos aquíferos (DGADR, 2017).

As percentagens de uso e de origem de água para rega podem ser consultadas no último Recenseamento Agrícola (2009) para cada região agrária de Portugal. Globalmente, para o país, as origens de água para rega dividem-se em superficial com 26% e subterrânea com 74%. Verifica-se assim a importância das águas subterrâneas no contexto da gestão dos recursos hídricos. Apesar do setor agrícola ser o maior consumidor de água (>80%), em termos de custos de abastecimento, a água para consumo humano é o que apresenta o maior peso, uma vez que a água para abastecimento urbano requer tratamento prévio (PNUEA, 2012).

Grande parte das atividades humanas prejudicam de forma direta ou indireta a qualidade das águas, tornando-as indisponíveis. Quanto maior forem estas pressões, menor será a sua quantidade disponível e, mais complexos e dispendiosos serão os tratamentos feitos às águas de modo a torná-la de novo apta para consumo humano. Para agravar esta situação, o ciclo da água tem vindo a ser alterado ao longo das últimas décadas com as mudanças climáticas, sendo que a sua disponibilidade é cada vez mais incerta (UNPF, 2007).

2.1.2 Qualidade das águas e impactos na saúde e nos ecossistemas

A qualidade da água é um parâmetro fundamental no abastecimento humano, devido aos seus impactos na saúde das populações. Como tal, é necessário garantir o bom estado das massas de água, do ponto de vista da sua qualidade, tendo a UE adotado medidas que visam controlar e reduzir as contaminações. Dentro das diferentes fontes de poluição, no âmbito deste trabalho, apenas se irá focar as contaminações das águas subterrâneas por nitratos de origem agrícola. O ião nitrato é o parâmetro qualitativo a considerar aquando da caracterização do estado de uma dada massa de água, uma vez que a contaminação causada por nitratos nas águas subterrâneas e a eutrofização das águas superficiais são as principais consequências das pressões causadas pela agricultura (EEA, 2005).

Uma análise de custo-benefício destaca um custo ambiental das perdas globais de azoto reativo (N_r) na Europa, estimando anualmente cerca de 70 a 320 biliões de Euros, superando os benefícios económicos da utilização destas formas de N na agricultura (Sutton e Grinsven, 2011). Esta estimativa deve-se nomeadamente aos elevados custos sociais associados à perda da qualidade do ar e da água e, relacionados aos impactos nos ecossistemas e na saúde humana. Mais dados, revelam ainda que cerca de metade da população da Europa vive em áreas onde a concentração da água potável excede os $25 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ e, cerca de 20 % da população vive em áreas onde a concentração excede o valor recomendado de $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ (Grizzetti, 2011).

A lixiviação dos nitratos para as águas subterrâneas, representa uma perda da qualidade da água, uma ameaça ao nível da saúde humana, como também de todo o ecossistema (Addiscott, 1996, Di e Cameron, 2002). Os nitratos estão associados a doenças como methaemoglobinaemia nas crianças, como também cancros e doenças de coração em adultos (Ward et al., 2005). As emissões atmosféricas de óxidos de azoto, nomeadamente o óxido nitroso (N_2O) e outros óxidos de azoto (NO_x), contribuem, também, direta e indiretamente para efeitos negativos na saúde humana (Moldanová et al., 2011). O N_2O presente na atmosfera contribui para a destruição da camada do ozono, e contribui também para as mudanças climáticas. As emissões de amónia (NH_3) contribuem para as ocorrências de chuvas ácidas, causando acidificação e eutrofização dos ecossistemas, como também serve de fonte indireta para a produção de N_2O (Cameron et al., 1996).

2.1.3 Fontes de contaminação

Existem dois tipos de pressões sobre as águas subterrâneas, as pontuais e as difusas. As pressões pontuais acontecem no caso de lançamentos individualizados, como o que ocorre da descarga direta dos efluentes não tratados nos cursos de água, como por exemplo os efluentes de explorações pecuárias, esgotos domésticos e industriais. Estas pressões são facilmente identificadas e, portanto, é possível efetuar o seu controlo de um modo mais eficaz. Já as pressões difusas são assim designadas por não advirem de um ponto preciso ou conhecido, tornando difícil identificar e controlar a poluição. A infiltração de nitratos no solo, provenientes de parcelas agrícolas, através da fertilização mineral ou da aplicação de efluentes pecuários e, do subsequente transporte de nutrientes por escoamento superficial para águas superficiais e percolação para as águas subterrâneas são exemplos de pressões difusas (Paralta et al., 2002).

2.2 Azoto nos ecossistemas agrícolas

2.2.1 O ciclo do azoto

O azoto (N) é um elemento químico essencial para a existência de vida na terra. Sendo um dos constituintes de compostos e complexos organominerais dos seres vivos, tal como proteínas, aminoácidos, ácido nucleicos e clorofila nas plantas, é um macronutriente importante (Santos, 1991). Está sujeito a várias transformações físicas e químicas, armazenamento e transporte no solo, que constituem o ciclo do azoto, e que influencia a disponibilidade para as plantas e o potencial para ser perdido (Figura 1 1).

A produção de azoto reativo (ião nitrato, amónia, aminoácidos, proteínas e muitas outras formas essenciais para os organismos vivos) a nível industrial causa um impacto no ciclo do N, uma vez que os processos integrantes deste ciclo estão interligados. O N reativo formado contribui para a fertilidade do solo e para o aumento de produtividade das culturas. Quando as quantidades de N_r são bastante superiores às necessidades do sistema agrícola, resultam num conjunto de perdas ao nível dos vários compartimentos (solo, ar e água) (Erisman, 2011).

A elevada produção de fertilizantes, alterou o ciclo de N, na medida em que a taxa de formação de azoto reativo duplicou globalmente, chegando a triplicar na Europa (Sutton e Grinsven, 2011).

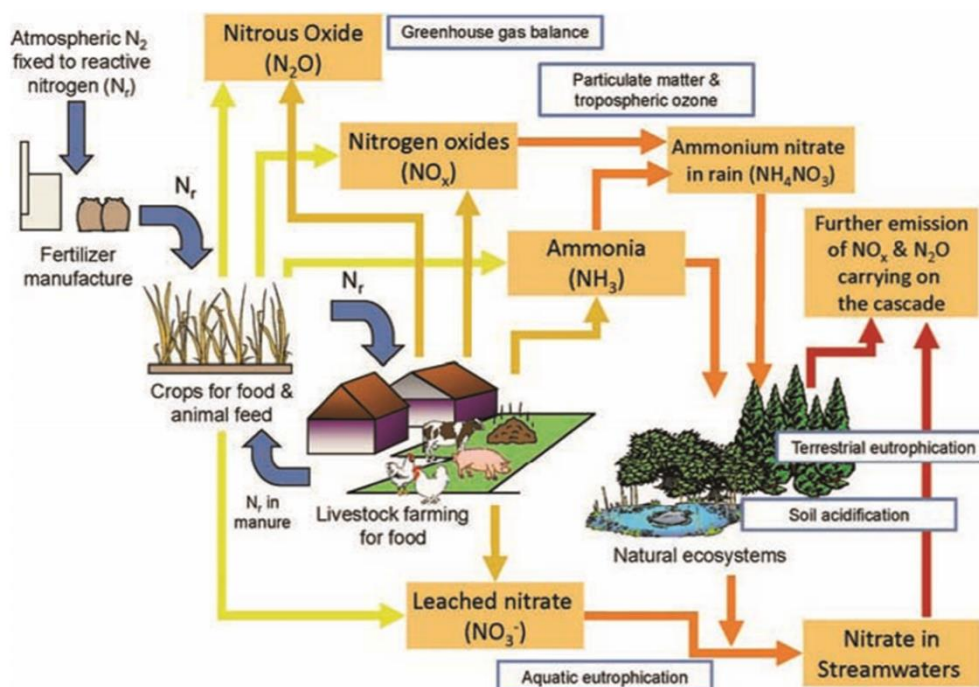


Figura 1 – Ciclo do azoto e os seus principais fluxos (adaptado de Sutton, 2011).

A minimização das perdas de azoto é uma tarefa complicada, na medida em que o ciclo de N é complexo e está dependente de diversas variáveis, podendo uma medida de mitigação de

emissões associada a um compartimento, causar, noutro compartimento, um impacto maior deste contaminante (Stevens et al., 2009).

2.2.2 A lixiviação de N

A lixiviação de NO_3^- consiste no transporte predominantemente convectivo do ião, associado ao escoamento de água através do perfil do solo e para fora da zona radical das culturas. Este processo ocorre devido a duas características do N que lhe conferem elevada mobilidade: não é retido no complexo de troca do solo e é solúvel na solução do solo. Assim, quando não é absorvido pelas plantas apresenta elevado risco de lixiviação, principalmente após eventos de precipitação e/ou rega (Santos, 1991; Laegreid et al., 1999). Em determinadas condições, a lixiviação do NO_3^- existente em solos cultivados pode ser uma importante perda de N (Silva et al., 2012).

O potencial de lixiviação de um ecossistema agrícola depende essencialmente de dois fatores: a concentração de NO_3^- na solução de solo e o movimento da água no solo. Estes, por sua vez, são influenciados por vários fatores, tais como as propriedades do solo, do clima (Cameron et al., 2013) e do sistema cultural.

Alguns sistemas culturais apresentam, à partida, maior potencial para perdas por lixiviação que outros. Apesar de ser difícil de quantificar o NO_3^- lixiviado nos diferentes sistemas, Di e Cameron (2002) indicam que as perdas aumentam na seguinte ordem: floresta, pastagens naturais, pastagens, culturas arvenses e culturas hortícolas. Nas florestas, o potencial de lixiviação de NO_3^- é menor do que em sistemas agrícolas uma vez que os inputs de N são menores (Di e Cameron, 2002). Nas pastagens, a lixiviação de NO_3^- pode ser significativa, uma vez que 60 a 90% do N digerido pelos animais no local do pastoreio retorna ao solo sob a forma de dejetos, embora com uma distribuição irregular. Por sua vez, o tipo de animal a pastorear também influencia o potencial de lixiviação (Di e Cameron, 2002). Nos sistemas de produção de culturas arvenses e hortícolas o potencial de lixiviação do NO_3^- é mais elevado, sendo maior nos sistemas de produção de hortícolas (Goulding et al., 2000). Este, em particular, requer uso intensivo de recursos, nomeadamente água e fertilizantes, num tempo e espaço concentrado (Pionke et al., 1990; Zhu et al., 2005; Peña-Fleitas et al., 2015).

A lixiviação do NO_3^- é também influenciada por práticas agrícolas, tais como tipo, quantidade, data e frequência de aplicação de fertilizante mineral e/ou orgânico (Laegreid et al., 1999) e dotações e frequência de rega (Gheysari et al., 2009).

2.2.3 Avaliação da eficácia das medidas de mitigação

O sucesso de uma estratégia de mitigação deve ser avaliado para cada situação específica, o que permitirá que a sua aplicação seja mais orientada e economicamente eficaz. Os métodos de avaliação devem fornecer informação sobre as reduções nas cargas de nutrientes

e sobre a evolução da resposta obtida por aplicação das medidas de mitigação (Cameira e Mota, 2017). Os métodos mais comuns correspondem à monitorização, à realização de balanços de N e à modelação matemática dos processos envolvidos.

O método do balanço de N consiste na avaliação de entradas e saídas, no sistema em causa, do nutriente durante um período de tempo. Há necessidade de colher informações suficientes que permitam a análise das práticas de produção de cultura. As informações pesquisadas são usadas para identificar e quantificar o possível excesso de N e sua origem.

O manual da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), (Eurostat, 2013), apresenta as metodologias aconselhadas pela CE para a realização do Balanço Bruto de Azoto (BBN) que provém da literatura do Inglês, “*Gross Nitrogen Budget*”. O balanço de N estima o excedente de azoto, designado na bibliografia por *N surplus*, que representa um indicador do potencial de risco de contaminação que a agricultura representa para o meio ambiente, não só a nível do solo e água como também a nível das emissões para a atmosfera. O balanço é vantajoso, na medida em que prevê os impactos ambientais associados ao uso e gestão de azoto na agricultura, identificando, em simultâneo, os fatores responsáveis dessa contaminação e a sua tendência ao longo do tempo.

O balanço pode ser feito segundo diferentes aproximações que vão desde o nível do solo ao nível da exploração agrícola (Eurostat, 2013). O balanço calculado ao nível da exploração agrícola, tem em conta o registo de todos os nutrientes contidos nos produtos que dão entrada e saída na exploração agrícola. O balanço ao nível do solo apenas tem em consideração entradas e saídas de nutrientes, ou seja, exige dados de entrada no que diz respeito aos fertilizantes aplicados, desde os efluentes pecuários aos fertilizantes minerais, não considerando as emissões de N para a atmosfera.

É importante realçar que este balanço só identifica e quantifica o N total em excesso, que posteriormente, estando sujeito a diferentes processos, poderá contaminar diferentes compartimentos do ecossistema. Para se proceder a uma avaliação de risco efetivo de lixiviação, por exemplo, é necessário proceder à desagregação do *N surplus*.

2.3 Zonas vulneráveis aos nitratos

2.3.1 O que são zonas vulneráveis

Consideram-se zonas vulneráveis a nitratos aquelas que drenam para águas poluídas ou em via de o serem (EC, 2007). Devem ser consideradas as seguintes massas de água:

- Águas subterrâneas que contenham ou apresentem risco de conter uma concentração de nitratos superior a 50 mg L⁻¹;

- Águas superficiais interiores (rios ou albufeiras), nomeadamente as utilizadas ou destinadas à produção de água para consumo humano, que contenham ou possam vir a conter uma concentração de nitratos superior a 50 mg L⁻¹;
- Águas superficiais interiores (rios ou albufeiras), estuários, águas costeiras e marinhas que se revelem ou possam vir a ser eutrofizados a curto prazo.

Em Portugal existe num total de 17 zonas vulneráveis, das quais 9 dizem respeito às massas de águas subterrâneas no continente (Figura 2) e as restantes 8 nos Açores, associadas ao estado trófico das lagoas.

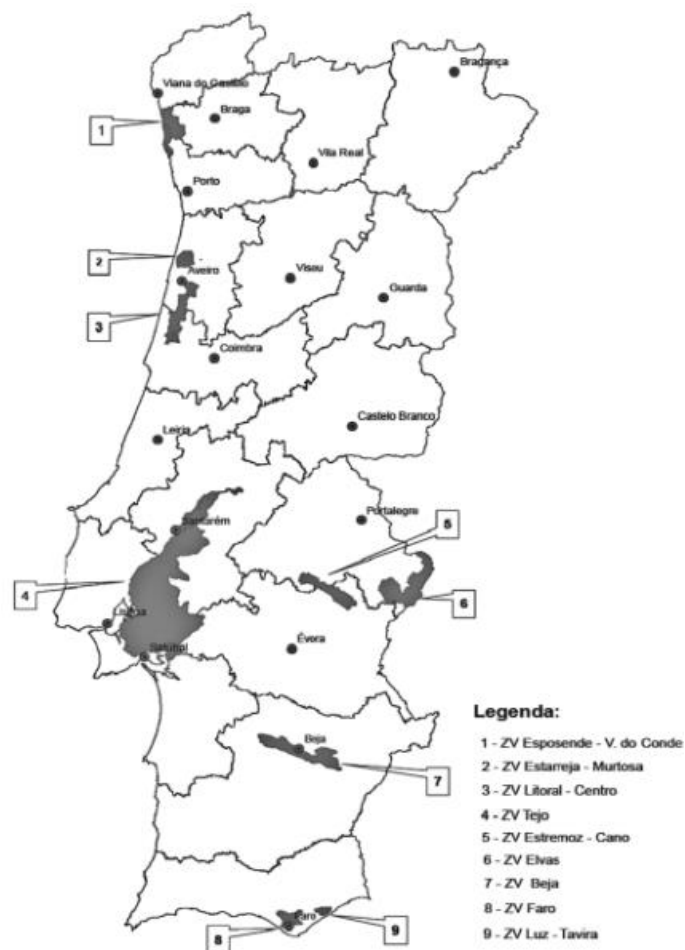


Figura 2 - Zonas Vulneráveis no território Português (Portaria nº 164/2010 de 16 de Março).

Qualquer agricultor detentor de uma exploração agrícola que se encontre inserido total ou parcialmente numa Zona Vulnerável, é obrigado a cumprir as medidas impostas no programa de ação conforme a Portaria 259/2012 de 28 de Agosto, estando sujeito a controlos anuais por parte da Direção Regional de Agricultura local.

2.3.2 Enquadramento legal

Os instrumentos políticos são importantes na medida em que colocam um dado objetivo em prática. Neste caso, o objetivo assenta na redução das emissões de azoto para o ambiente e, para tal, recorre-se aos seguintes instrumentos de gestão: (i) instrumentos de regulação; (ii) instrumentos económicos; e (iii) instrumentos de comunicação (Oenema, 2011).

Os instrumentos de regulação são os instrumentos políticos mais utilizados nas políticas ambientais da União Europeia. Um exemplo é a Diretiva Nitratos; os instrumentos económicos são desenvolvidos para estimular o comportamento dos agricultores, envolvendo taxas, quotas ambientais e subsídios a quem promover ou introduzir novas tecnologias e práticas amigas do ambiente; e, por fim, os instrumentos de comunicação são ferramentas disponibilizadas aos agricultores que visam informar as melhores práticas agrícolas a adotar. Um exemplo desta ferramenta é o Código de Boas Práticas Agrícolas (CBPA) e o Manual de Campo da Zona Vulnerável a Nitratos (Sutton et al., 2007).

A Diretiva Quadro da Água (DQA) (EC, 2010a) abarca toda a legislação europeia para a proteção das águas superficiais, águas de transição, águas costeiras e subterrâneas. A Diretiva Quadro da Água (DQA) é um instrumento legislativo Europeu, que foi transposta para o quadro jurídico português através da Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, que tem como objetivo fazer com que cada Estado Membro consiga atingir uma gestão integrada da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos com vista à melhoria da qualidade ambiental. Para tal, exige a implementação das medidas de 11 Diretivas Europeias (EC, 2010b), entre as quais, a Diretiva das Águas Residuais Urbanas de 1990 (EC, 2010c), a Diretiva da Avaliação de Impactos Ambientais de 1985 (EC, 2010d), a Diretiva Nitratos de 1991 (EC, 2010e), a Diretiva do Painel Intergovernamental de Mudança Climáticas de 1996 (EC, 2010f), a Diretiva das Águas para Consumo de 1998 (EC, 2010g) e a Diretiva das Águas Subterrâneas de 2006 (EC, 2010h). As Diretivas mais importantes referentes às emissões de N nas águas subterrâneas e superficiais são a Diretiva das Águas residuais Urbanas de 1990 e a Diretiva Nitratos de 1991.

A Diretiva 91/676/CEE, de 12 de Dezembro, mais conhecida por Diretiva Nitratos, tem como objetivo reduzir a poluição causada por nitratos de origem agrícola e prevenir poluições futuras (EC, 2010i). Mais concretamente, proteger as origens de água para consumo humano, os sistemas aquáticos e salvaguardar outras utilizações legítimas da água. Esta diretiva obriga os estados membros a: (i) monitorizar as águas com respeito à concentração de nitratos e aos estado trófico; (ii) identificar as águas que estão poluídas ou em risco de serem poluídas; (iii) designar zonas vulneráveis (áreas que drenam para as referidas águas); (iv) estabelecer códigos de boas práticas agrícolas e programas de ação (conjunto de medidas para prevenir

e reduzir a poluição por nitratos); e (v) rever, pelo menos a cada quatro anos, a designação de zona vulneráveis e os programas de ação (Oenema et al., 2011).

A Diretiva foi transposta para o regime jurídico português pelo Decreto-Lei nº 235/97, de 3 de Setembro e mais tarde alterado pelo Decreto-Lei nº 68/99 de 11 de Março. Nesse contexto, foi emitida a Portaria 164/2010, de 16 de Março que aprova a lista das zonas vulneráveis e as cartas das zonas vulneráveis do continente.

Por último, a Portaria nº 259/2012, de 28 de Agosto estabelece um programa de ação para as zonas vulneráveis com o objetivo reduzir a poluição das águas causada ou induzida por nitratos de origem agrícola e para impedir a propagação desta poluição para maiores extensões. Para tal, é necessário identificar, primeiramente, as águas poluídas e as suscetíveis de o serem. Depois identificam-se as áreas a designar como Zonas Vulneráveis, ficando estas sujeitas a medidas transversais a todas as ZV.

Os programas de ação contêm medidas obrigatórias relativamente a i) períodos durante os quais é proibida a aplicação de efluentes pecuários e fertilizantes; (ii) estruturas de armazenamento de efluente pecuário; e (iii) quantidades máximas de efluente pecuário ($170 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e fertilizantes de modo a assegurar uma fertilização equilibrada.

O Quadro 1 representa sumariamente a legislação relativa à poluição de nitratos.

Quadro 1 – Legislação referente à Diretiva Nitratos (adaptado de DRAPLVT, 2017)	
Documentos	Descrição
Diretiva 91/676/CEE, de 12 de dezembro	Relativa à proteção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola
Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro	Transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/676/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro de 1991, relativa à proteção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola
Decreto-Lei n.º 68/99 de 11 de março	Altera o Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de Setembro, que transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/676/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro, relativa à proteção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola
Portaria 164/2010, de 16 de março	Aprova a lista das zonas vulneráveis e as cartas das zonas vulneráveis do continente
Portaria 259/2012, de 28 de agosto	Estabelece o programa de ação para as zonas vulneráveis de Portugal continental

A localização do agricultor na zona vulnerável, obriga-o a cumprir o CBPA, a preencher uma ficha de registo de fertilização, com base num plano de fertilização e obriga a preencher registos referentes à gestão de efluentes pecuários. Um Manual de Campo específico para cada Zona Vulnerável, é disponibilizado aos técnicos e agricultores com o objetivo de dar a conhecer, na prática, os conteúdos descritos no CBPA.

2.3.3 Caso de estudo: Zona vulnerável do Tejo

De entre as 17 zonas vulneráveis existentes em Portugal, foi escolhida a Zona Vulnerável do Tejo (ZVT) para caso de estudo, pelas seguintes razões: é uma das que, segundo o último relatório oficial de Portugal para a CE, apresenta ainda uma situação preocupante no que respeita à contaminação das águas subterrâneas com nitratos; é a maior zona vulnerável do país, apresentando uma área de 59,2 % do total de área ocupada pelas Zonas Vulneráveis de Portugal continental; situa-se numa região onde a informação relativa aos solos está publicada e atualizada. A zona vulnerável do Tejo localiza-se na região de Lisboa e Vale do Tejo (NUT II), mais concretamente na Região Agrária do Ribatejo e Oeste (NUT III), estando contida na área de intervenção da Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo (DRAPLVT). A Figura 3 mostra a localização da ZVT relativamente à área de intervenção da DRAPLVT.

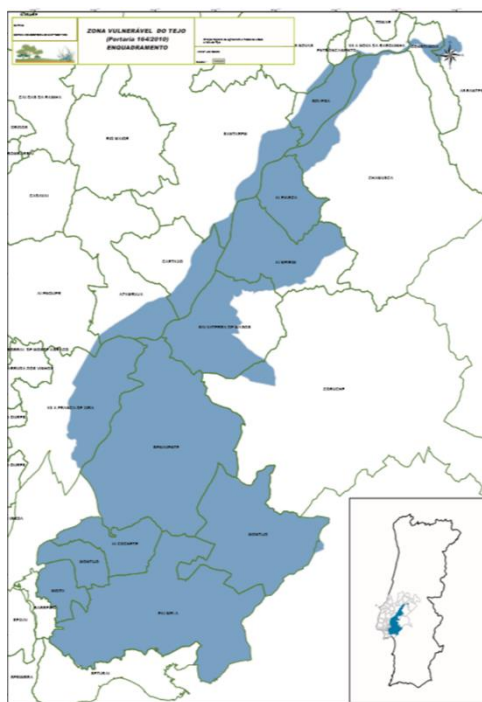


Figura 3 – Localização da Zona Vulnerável do Tejo relativamente à área de intervenção da Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo (adaptado da Portaria 164/2010).

Estende-se sobre uma zona hidrogeológica complexa, diferenciando o comportamento do ião de nitrato nas suas diferentes camadas. Esta região é composta por três aquíferos e um Aquitardo (Figura 4). Este último é uma formação geológica que, embora possa armazenar quantidades importantes de água, é de natureza semipermeável e portanto transmite água a uma taxa muito baixa. No que respeita às características hidrogeológicas, o modelo conceptual de fluxo na bacia do Tejo é relativamente simples e inclui dois subsistemas aquíferos que têm por suporte: (1) os Aluviões do Tejo e (2) as formações terciárias, estes últimos consideram-se aquíferos distintos, um para cada margem (Mendonça, 2009). A

denominação dos três aquíferos que acompanham a extensão da área da ZVT são os Aluviões do Tejo, o aquífero da Margem Esquerda e o aquífero da Margem Direita. Os Aluviões do Tejo situam-se mais à superfície, à pressão atmosférica, comunicando com o rio Tejo, isto é, realizando recargas na vertical consoante o gradiente de concentração nos Aluviões. Enquanto que os aquíferos da Margem Esquerda e Margem Direita situam-se por debaixo dos Aluviões sendo separados destes pelo Aquitardo. A sua compreensão é importante na medida em que são eles a base de comparação das tendências e evoluções da concentração de nitratos ao longo do tempo. Para além dos sistemas aquíferos referidos, a ZV englobe também as albufeiras de Magos e Patudos (Núncio, 2013).

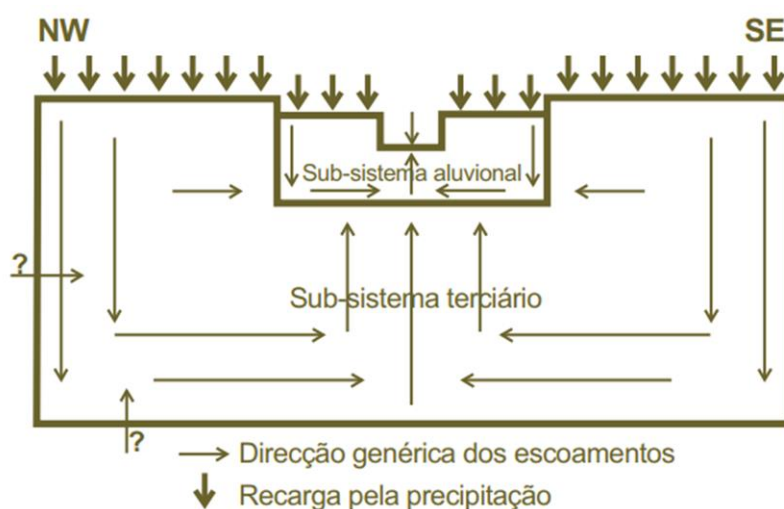


Figura 4 – Representação esquemática dos aquíferos e do Aquitardo que os separa (adaptado de Mendonça, 2009).

A ZVT intersecta 20 concelhos e 31 cartas de solo com uma importante área de culturas de regadio, nomeadamente culturas horto-frutícolas, horto-industriais e arvenses. Os solos dominantes são os podzóis não hidromórficos, seguindo-se na mesma proporção, os solos litólicos não húmicos (cambissolos êutricos ou dístricos ou crómicos), os aluviossolos modernos (fluviossolos êutricos, ou dístricos ou calcários), os regossolos (arenossolos háplicos ou gleizados) e os solos salinos (fluviossolos tiónicos, sálicos e sálicos calcários). No que diz respeito ao regime pluviométrico da região, na parte Norte da zona vulnerável a precipitação média anual é de 696,5 mm (observada na estação de Santarém) repartindo-se por um período chuvoso que coincide com a estação fria (com 65% da precipitação média anual) e por um período seco (com 35% da precipitação média anual); na parte Sul a precipitação média anual é de 558,7 mm (observada na estação do Montijo) repartindo-se por um período chuvoso que coincide com a estação fria (com 65% da precipitação média anual) e por um período seco (com 35% da precipitação média anual) na época quente (Portaria nº 259/2012, Anexo I).

3 Materiais e métodos

Apresentam-se neste capítulo as metodologias utilizadas na recolha, seleção (ou pré-tratamento) e no tratamento dos dados relativos à Zona Vulnerável do Tejo, caracterizada com detalhe na secção 2.3.3. Estes dados servirão: a) para a elaboração do balanço bruto de N agrícola com desagregação geográfica ao nível da freguesia e cálculo e análise da evolução espacial e temporal do N *surplus*; b) para o estudo da qualidade da água relativamente ao teor de nitratos nos dois principais aquíferos da ZVT na perspetiva da distribuição geográfica e temporal; c) para a procura de relações entre a) e b).

3.1 Metodologias utilizadas na recolha e seleção de dados

Para obtenção dos dados necessários à realização do trabalho, procedeu-se à recolha de informação a partir de diversas fontes, de modo a construir uma base de dados, incluindo solos (tipos e distribuição espacial), aquíferos (qualidade das águas e profundidade), culturas (tipos e distribuição espacial), fertilizações minerais e orgânicas de origem animal, áreas regadas, origem da água de rega e produção animal (tipos de animais e distribuição espacial). Refere-se que, entre a fase da recolha de uma imensidão de dados das diversas fontes e a sua utilização efetiva para o presente estudo, foi realizado um trabalho exaustivo de verificação e seleção de dados, grande parte do qual não é apresentado aqui para não retirar o foco ao tema que interessa estudar.

Algumas páginas de consulta pública *online*, como o SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH, 2017), INE – Instituto Nacional de Estatística (INE, 2017), DGADR - Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR, 2017), SNIAmb - Sistema Nacional de Informação do Ambiente (SNIAmb, 2017), IHERA - Instituto de Hidráulica Engenharia Rural e Ambiente (IHERA, 1999), IGeo – Informação Geográfica (IGeo, 2017) e EMEP- *European Monitoring and Evaluation Programme* (EMEP, 2017), foram muito importantes na obtenção de informação. Para além das páginas *online*, foram utilizadas outras fontes tais como livros e artigos científicos e documentos “institucionais” nacionais e europeus que serão adequadamente referidos ao longo do trabalho.

O Quadro 2 resume as diversas fontes *online* utilizadas na recolha dos dados referidos, descrevendo-se seguidamente a metodologia utilizada para a recolha e seleção da informação relativa aos aquíferos, solos, culturas, fertilização e outros termos do balanço de N.

Quadro 2 - Fontes *online* utilizadas para a recolha de dados

Tipo	Fonte online	Observação
Solos e topografia		
Carta de solos	SNIAmb	Atlas do Ambiente, Escala 1: 1 000 000, Data 1978
Carta de solos	IHERA	Escala 1: 25 000, Data 1999
Carta hipsométrica	SNIAmb	Atlas do Ambiente, Data 1982
Corine Land Cover	IGeo	Escala 1: 100 000, Data 2012
Culturas		
Áreas	INE	Dados por localização geográfica - Freguesias. 1989, 1999 e 2009
Produções	INE	Dados por região agrária - Ribatejo e Oeste. 1989, 1999 e 2009
Origem da água de rega	DGADR	Dados publicados em 2009
Produção animal	INE	Dados por região agrária - Ribatejo e Oeste. 1989, 1999 e 2009
CAOP	DGT	Carta Administrativa Oficial de Portugal, Escala 1: 25 000, Data 2016
Zona vulnerável	SNIAmb	Identificar e delimitar a Zona Vulnerável do Tejo; Escala 1 : 25 000; Data 2010
Águas subterrâneas	SNIRH	Rede de estações de qualidade (2000 – 2017) e quantidade (1979 – 2017)
Deposição de N atmosférico	EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme. 1989, 1999 e 2009

3.1.1 Dados dos solos, da topografia do terreno e dos limites geográficos

Os dados dos solos da ZVT foram obtidos a partir de duas cartas de solos. Uma corresponde à “Carta de Solos de Portugal” do antigo Instituto de Hidráulica Engenharia Rural e Ambiente (IHERA, 1999), agora denominado Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), e a outra provém da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), denominada por “Solos Atlas do Ambiente” (SNIAmb, 2017).

A Carta dos Solos de Portugal (CSP) segue a classificação do Serviço de Reconhecimento e Desenvolvimento Agrário (SROA), contendo informação detalhada sobre cada mancha de solo a uma escala de 1:25 000. De modo a selecionar as folhas da CSP que cobrem a extensão da ZVT, seguiu-se a lista indicada na caracterização sumária detalhada da zona vulnerável, apresentada na página *online* do DGADR (2017) na secção dos recursos hídricos/diretiva nitratos. Segundo esta caracterização sumária, o número de folhas a utilizar é 31, no entanto, para o presente trabalho, só foi possível obter 25 folhas, ficando uma pequena parte da ZVT a descoberto (Figura 5a). Esta falha foi colmatada com informação proveniente da Carta do Atlas do Ambiente (CAA), que segue a classificação da FAO (1974) e possui informação menos detalhada por ter uma escala menor (1:1 000 000).

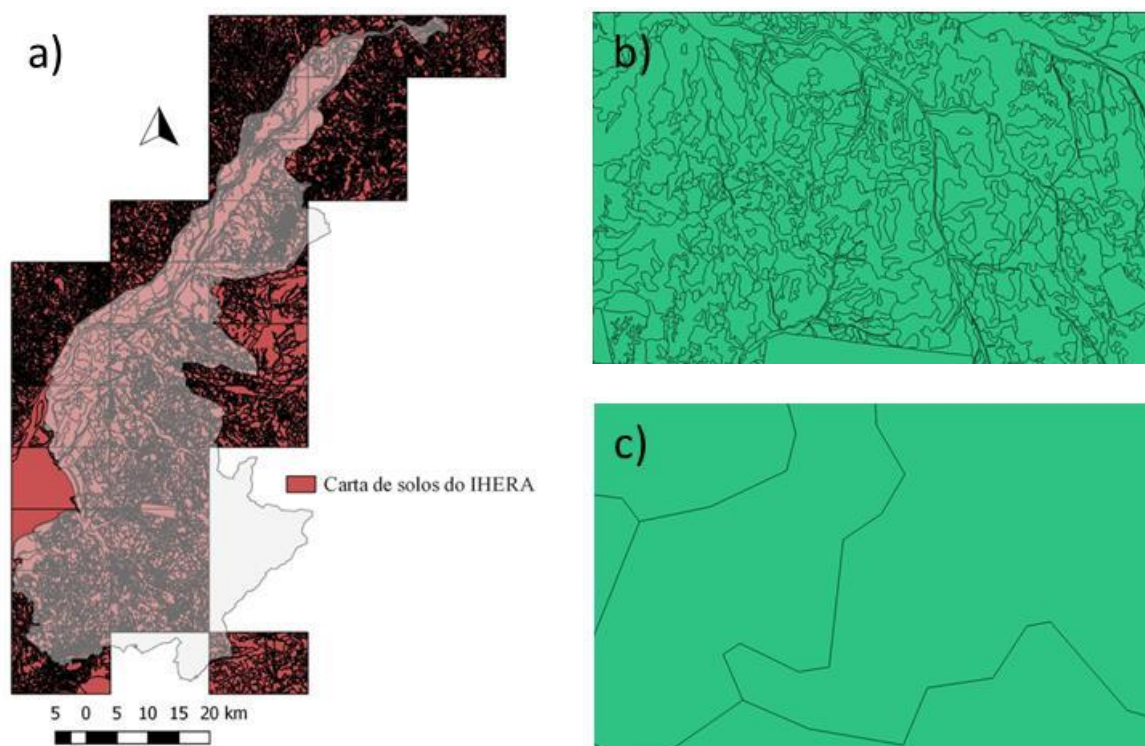


Figura 5 – a) Cobertura incompleta da ZVT pela Carta de Solos de Portugal; b) grau de detalhe da CSP e c) grau de detalhe da carta do Atlas do Ambiente (CAA).

A Figura 5a) e b) mostra que o grau de detalhe é muito diferente nas duas cartas de solos utilizadas. Enquanto que na CAA o grau de agregação é tão elevado, que se perde muita

informação importante, na CSP a desagregação é excessiva tornando a sua utilização impraticável para o objetivo pretendido. O que na realidade se pretendia era uma situação intermédia em que cada mancha representasse uma área de solos com propriedades semelhantes a nível da retenção para a água e permeabilidade. Por isso, as famílias de solos apresentadas na CSP foram sucessivamente agregadas até à categoria das Sub-Ordens, com base na informação disponibilizada em Cardoso (1974).

Para posterior definição de potenciais de risco (*vide* 3.4) quanto ao movimento de água e transporte do ião nitrato, foram ainda atribuídas classes de permeabilidade a cada Sub-Ordem resultante do passo anterior.

De acordo com ARS/USDA (1994) utilizaram-se as classes apresentadas no Quadro 3. A correspondência entre as classes de permeabilidade e as manchas de solo foi baseada nas tabelas de erodibilidade dos solos apresentadas em Pimenta (1998).

Quadro 3 - Classes de permeabilidade do solo
(adaptado de ARS/USDA, 1994)

Descrição	Classe
Rápida	1
Moderada a rápida	2
Moderada	3
Lenta a moderada	4
Lenta	5
Muito lenta	6

A topografia da região abrangida pela ZVT foi obtida através da carta hipsométrica do atlas do ambiente (SNIAmb, 2017) com uma equidistância entre curvas de nível de 50 m.

Os limites geográficos da ZVT foram obtidos através da carta de zonas vulneráveis (Diretiva Nitratos) disponibilizada pelo SNIAmb (2017) com uma escala de 1: 25 000.

Recorreu-se à Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), disponibilizada através da página Direção-Geral do Território (DGT, 2017), para se obter a informação geográfica relativa aos concelhos e freguesias incluídas na ZVT uma vez que os dados relativos às culturas e produção animal são disponibilizados pelo INE agregados por freguesia.

A CAOP, juntamente com a carta de solos, mapa dos limites geográficos da ZVT e os dados de qualidade dos poços, serviram para identificar quais as manchas de solo, culturas e poços de qualidade presentes em cada freguesia. Da CAOP extraíram-se os dados relativos às freguesias e concelhos abrangidos pelos limites da ZVT, sendo que algumas freguesias e concelhos encontram-se apenas parcialmente integradas na ZVT. Assim, foi necessário determinar a fração da área das freguesias que está abrangida pela zona vulnerável, tendo sido essa fração aplicada para ajustar a área declarada de cada classe de cultura e o número de animais declarado, numa dada freguesia apenas à área sobreposta à ZVT.

3.1.2 Dados relativos às culturas

Os dados relativos às culturas (áreas ocupadas e produtividades médias) foram obtidos *online* no site do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2017). As áreas ocupadas pelas diversas culturas por freguesia resultaram do Recenseamento Geral Agrícola (RGA), que é um inquérito nacional realizado junto de todas as explorações agrícolas, sendo a única operação estatística, no âmbito da agricultura, que disponibiliza informação até ao nível da freguesia. Por analisar uma grande variedade de rubricas com desagregação geográfica ao nível da freguesia, o RGA é realizado decenalmente. Neste trabalho consultaram-se os dados referentes aos anos 1989, 1999 e 2009 (último RGA realizado).

Uma vez que o balanço de azoto irá ser realizado em cada freguesia, por grupo de cultura, de entre os grandes tipos constituídos pelas culturas temporárias, permanentes e prados permanentes, formaram-se grupos contendo culturas com semelhanças, principalmente a nível das necessidades em fertilizante e de rega (Quadro 4).

Quadro 4 – Grupos de culturas considerados na extração de informação

Cereais	Pomares (ex. macieira, pereira)
Leguminosas temporárias e permanentes	Pomares de citrinos
Forragem	Pomares frutos secos
Hortícolas – horto industriais	Olival
	Vinha

No entanto, no RGA, as áreas de cereais ao nível da freguesia englobam as áreas de cereais de outono-inverno e de primavera-verão. Para a realização do balanço bruto de N é fundamental ter esta área desagregada, pois os cereais de outono-inverno e os cereais de primavera-verão têm necessidades de fertilização e rega muito distintas e, por isso, diferentes impactos no balanço bruto do azoto. A desagregação da área total de cereais foi feita com base na informação disponível ao nível geográfico da Região Agrária (RA), para o Ribatejo e Oeste e para o Alentejo, que distingue o milho grão, os cereais de inverno e a cultura do arroz. A distribuição da área total pelos diferentes tipos de cereais disponibilizada ao nível da RA foi então aplicada à área de cereais declarada em cada uma das freguesias da ZV. Esta metodologia comporta alguma incerteza, uma vez que a repartição dos cereais pelos três subgrupos pretendidos, milho grão, cereais de inverno e arroz, não é, obviamente, igual para todas as freguesias da ZVT. Numa tentativa de redução da incerteza desta distribuição, foram feitas algumas confirmações com base na observação de imagens de fotografia aérea (Google Maps, 2017), principalmente para os casos da cultura do milho por esta ser uma das culturas mais exigentes em fertilização azotada e, do arroz, por ser cultivada apenas em

condições muito particulares. As áreas ocupadas pelas freguesias na ZVT são apresentadas no Anexo I.

A produtividade de culturas, necessária para a estimativa da exportação de N, foi também recolhida por RA, uma vez que não estava disponível para nível de desagregação geográfico superior.

Para complementar a informação relativa à distribuição geográfica das culturas e de outros usos e ocupações do solo que pudessem ajudar a analisar a distribuição das concentrações de nitratos nas águas subterrâneas ao longo da ZVT, considerou-se a carta CORINE Land Cover (CLC) para os anos de 2009 e 2012, com uma escala de 1:100 000 (DGT, 2017).

3.1.3 Dados de produção animal

Os dados relativos à produção animal foram retirados do INE, seguindo a mesma metodologia das culturas, mas agora em número de animais por freguesia. A sua quantificação é importante na medida em que o efluente pecuário gerado é comumente utilizado como fertilizante orgânico, constituindo, em algumas áreas da ZVT, uma importante entrada no balanço de N. Desta forma, foi identificado, por freguesia, o número de bovinos, suínos, ovinos, caprinos, aves, cavalos e coelhos (Anexo II). Com base nestes números foi estimada a quantidade de N existente no efluente pecuário produzido, tal como explicado na Secção 3.3.2.

3.1.4 Dados relativos às águas subterrâneas

3.1.4.1 Concentração de nitratos nas águas subterrâneas

Analisou-se a informação disponibilizada na base de dados do SNIRH, relativa à qualidade da água em poços, mais concretamente os resultados das medições de concentração do parâmetro ião nitrato (NO_3^-). De um modo geral, cada poço apresenta dois registos por ano, antes e após a época das culturas de primavera-verão. Esta base de dados apresenta resultados desde o ano de 2000 até ao presente. No entanto, quer o período de dados quer as frequências dos registos variam grandemente entre os diferentes poços. A metodologia de recolha e seleção deste tipo de dados, apoiada em folha de cálculo e SIG é seguidamente descrita.

Começaram por recolher-se os dados referentes à totalidade de poços existentes em Portugal continental, pertencentes à Rede de Qualidade. Seguidamente, executou-se um *Query* espacial para seleção dos poços localizados na Zona Vulnerável em estudo. Desta fase resultaram 97 poços, cujos dados foram organizados em tabela de Excel para avaliação dos períodos para os quais existiam dados de qualidade, do número de registos associados a cada poço e deteção de *ouliers*. Efetuou-se um mapa com a distribuição espacial das

concentrações de nitratos em todos os poços da ZVT e outro contendo apenas os poços com concentrações superiores a 50 mg L⁻¹. A localização de alguns dos poços com valores extremamente elevados foi analisada com recurso ao *google maps* ou *insitu* para se investigar acerca da representatividade dos registos.

Os poços foram individualizados por aquífero da ZVT (Aluviões do Tejo, Margem Esquerda/Margem Direita), uma vez que as diferentes características dos aquíferos requerem um tratamento independente dos dados (*vide* secção 2.3.3). Os poços foram então agrupados em classes de acordo com o valor máximo de concentração de nitratos que alguma vez apresentaram ao longo do seu período de funcionamento. Foi realizada uma análise estatística descritiva aos dois conjuntos de poços (correspondente aos dois aquíferos) para avaliação dos valores médios, medianos, máximos e mínimos das concentrações de nitratos bem como da sua dispersão. Foram excluídos da análise os poços com um nº de registos inferior a dez. O mesmo tipo de análise foi efetuado à série temporal de dados de cada poço.

Os conjuntos de dados resultantes dos passos anteriormente descritos foram inseridos em ambiente SIG para a execução dos respetivos mapas.

3.1.4.2 Profundidade dos aquíferos

A metodologia de seleção dos poços com informação sobre a profundidade foi semelhante à apresentada para os poços de qualidade, sendo que o número de poços que resultaram do *Query* espacial foi agora de 73 poços, que foram acrescentados à base de dados Excel “CSV_metadados”, ficando com informação sobre a profundidade e qualidade em simultâneo. Dos poços selecionados apenas 9 possuem simultaneamente informação sobre qualidade e quantidade.

Com base na informação relativa à profundidade dos aquíferos registada nos poços, produziu-se um mapa de distribuição espacial da profundidade dos aquíferos na ZVT de acordo com a seguinte metodologia:

- Construção de uma base de dados da profundidade dos 73 poços em Excel e cálculo da profundidade média observada ao longo do tempo;
- Separação dos poços por aquífero (Aluviões do Tejo, aquífero Margem Esquerda/Margem Direita);
- Interpolação espacial das profundidades dos poços para cada um dos aquíferos, através do método do inverso do quadrado da distancia, com o recurso ao *software* Surfer e produção dos respetivos mapas de profundidades ao longo da ZVT.

Complementarmente calculou-se o valor médio dos valores de profundidade dos poços por concelho para permitir estimar o índice de risco da tolha freática (*vide* 3.4.1).

3.2 Metodologia para a criação do mapa de solos da ZVT

A criação do mapa de solos da ZVT com um detalhe adequado à realização do presente estudo foi a tarefa mais exigente ao nível da utilização do SIG, justificando a sua descrição com um maior detalhe. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) usado neste trabalho, Quantum GIS, é uma ferramenta *open-source* (QGIS, 2017) que permitiu a recolha, entrada, armazenamento, tratamento, análise e fornecimento de informação de natureza geográfica. Para produzir o mapa de solos com o detalhe pretendido, foi necessário processar os dados de base relativos às cartas CSP e CAA introduzidas previamente na base de dados do SIG (QGIS). Esta pré-edição de dados consistiu na execução de diversas tarefas apresentadas na Figura 6.

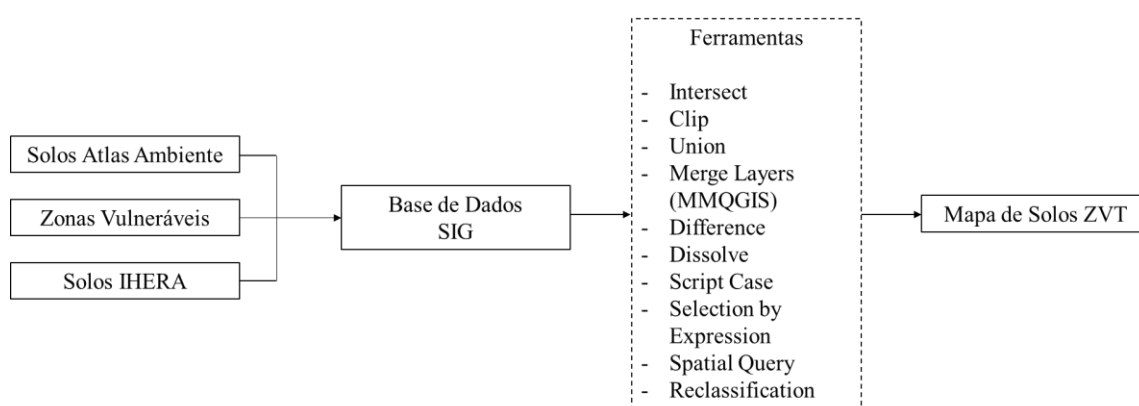


Figura 6 - Esquema geral da metodologia utilizada para a produção do mapa de solos da ZVT.

A metodologia utilizada para o processamento dos ficheiros introduzidos no programa QGIS, denominados neste sistema por *layers*, será descrita de seguida. Uma vez que os vários *layers* são de origens diferentes, os mesmos possuem sistemas de coordenadas (CRS, *Coordinate Reference System*) diferentes entre si. Desta forma, foi necessário converter todos os *layers* para o mesmo sistema de coordenadas.

A carta dos solos de Portugal produzida pelo Instituto de Hidráulica Engenharia Rural e Ambiente (IHERA, 1999) é constituída por ficheiros com a extensão E00 e ADF. Estes ficheiros foram importados para o ArcGIS através do ArcCatalog. Após a importação dos ficheiros, estes foram exportados para uma *shapefile* para poderem ser utilizados pelo QGIS, uma vez que este *software* não aceitava os formatos originais da CSP e da CAA.

Com base na informação geográfica armazenado no QGIS, foram gerados os polígonos de solos correspondentes à agregação das várias famílias de solos nas suas respetivas Sub-Ordens, correspondendo a classes de infiltração semelhantes e que servirão de base para a definição das classes de risco da permeabilidade dos solos (*vide* 3.4.2).

A produção de uma carta de solos para a ZVT agregada ao nível da respectivas Sub-Ordem tem as seguintes vantagens:

- Aumentar a capacidade de gestão de informação, uma vez que a discriminação muito pormenorizada original contida nos ficheiros resultava num grande volume de dados que dificultava a utilização dos mesmos;
- Homogeneizar o mapa reduzindo a escala das manchas de solo aumentando a sua legibilidade.

A Figura 7 representa, de uma forma esquemática, o processamento efetuado às cartas de solos (CSP e CAA) adicionadas ao SIG, descrevendo as operações intermédias realizadas que resultaram da junção das duas cartas, originando um único *layer* correspondente aos limites da ZVT (mancha cor-de-rosa), contendo toda a informação necessária para proceder a reclassificações de solos. Na Figura 7 as setas representam operações de transformação dos diversos *layers* utilizando os comandos do QGIS:

- Em (1) são adicionadas 25 folhas da carta CSP. Nesta fase cada folha da carta representa um *layer*. Utilizou-se o comando *merge* “MMQGIS” de modo a converter as 25 folhas num único *layer* (2);
- Em (3) e (5) procedeu-se ao “recorte” das folhas da carta de solos do IHERA ou Atlas do Ambiente pela delimitação da ZV Tejo. Usou-se o comando *Clip*;
- Em (4) adicionou-se a CAA para cobrir a inexistência de folhas de solos disponíveis na CSP para a restante ZVT;
- Em (6) procedeu-se à junção dos dois *layers* de modo a gerar o mapa de solos da zona vulnerável. Usou-se o comando *Union*.

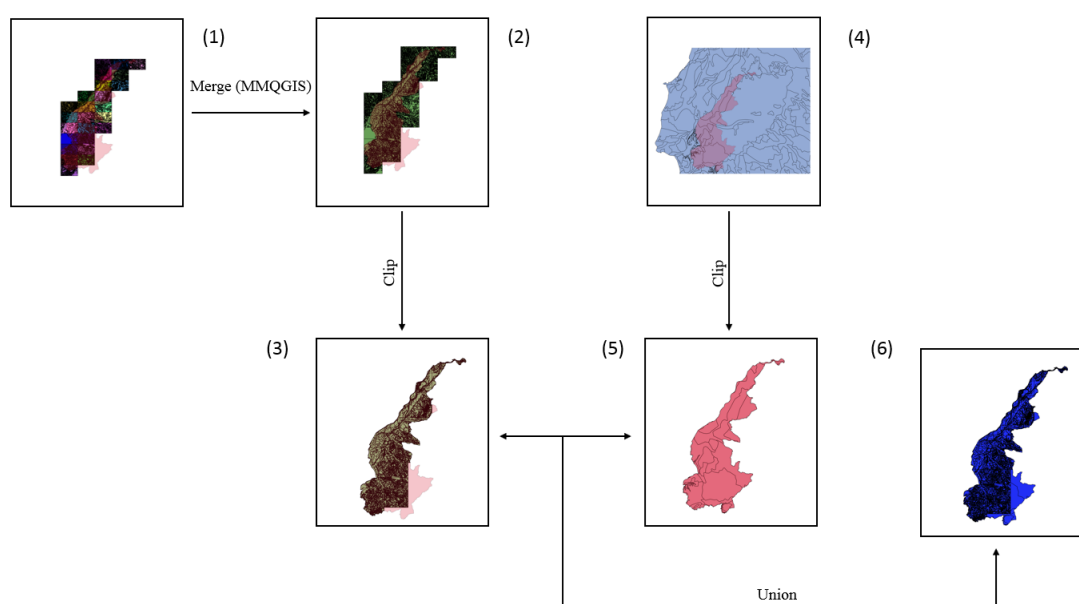


Figura 7 - Esquema do processamento das cartas de solos CSP e CAA para obtenção da carta de solos da ZVT.

Posteriormente, realizou-se uma reclassificação nos atributos do novo *layer* de solos (6) com o objetivo de gerar uma nova coluna de atributos “Sub-Ordem”, agrupando as classes de solos com a mesma textura e permeabilidade. Esta operação foi possível utilizando a ferramenta “calculadora de campos” do QGIS com a condicionante *case*, gerando uma nova coluna denominada por “Sub-Ordem”. A Figura 8 mostra a calculadora de campos do QGIS utilizada para efetuar este passo.

De seguida, apresenta-se a Figura 9 que mostra um excerto integrante das 16 páginas do *script* utilizado para reclassificar todas as manchas de solo existentes na ZVT, devolvendo uma nova coluna (atributo) denominada por “Sub-Ordem”.

Os atributos “nome_2” e “COD1” dizem respeito aos antigos atributos dos *layers* da CAA e da CSP, respetivamente. A operação efetuada tem como objetivo unificar as duas cartas e as manchas de solos da mesma Sub-Ordem. Posteriormente, efetuou-se a operação *dissolve* no atributo criado “Sub-Ordem” de forma a dissolver todas as fronteiras de contacto entre classes semelhantes, transformando os vários polígonos contíguos da mesma classe, num polígono de maiores dimensões.

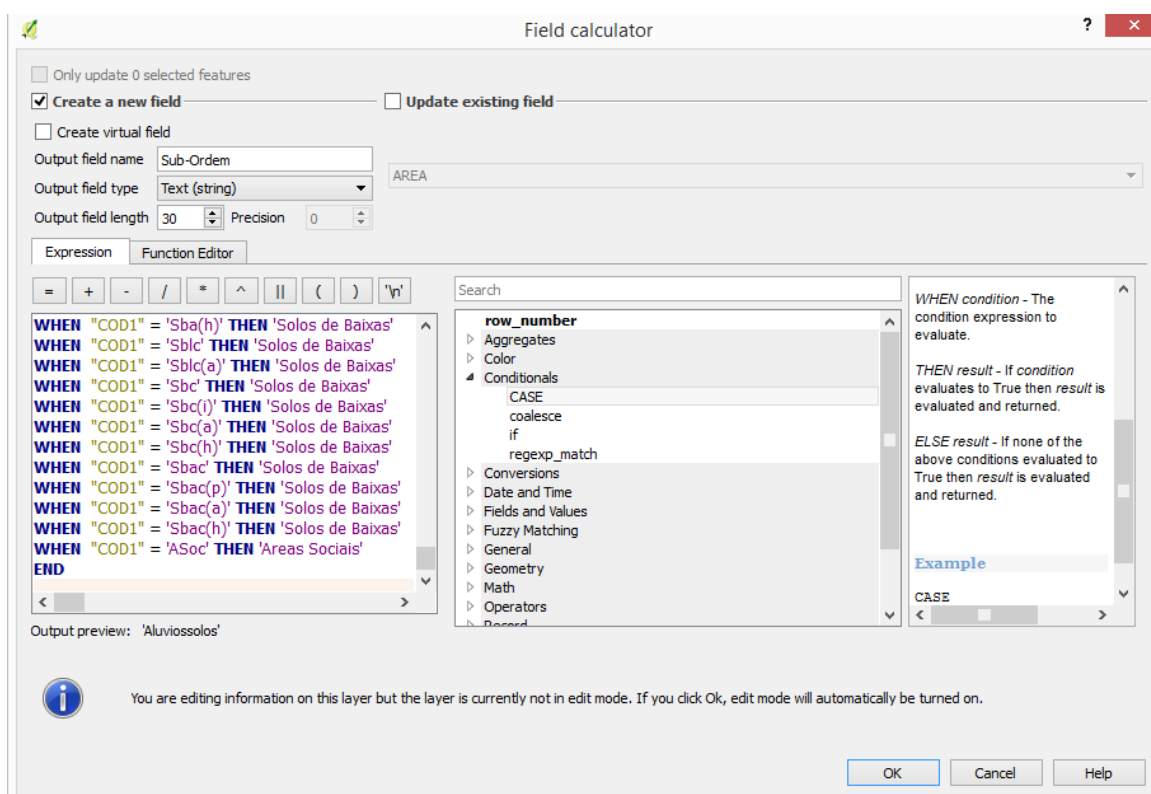


Figura 8 - Calculadora de campos para reclassificar a nomenclatura dos solos da ZVT.


```

WHEN "COD1" = 'Vc(d,a)' THEN 'Calcarios Vermelhos'
WHEN "COD1" = 'Vc(a)' THEN 'Calcarios Vermelhos'
WHEN "COD1" = 'Vc(d)' THEN 'Calcarios Vermelhos'
WHEN "COD1" = 'Pc(a)' THEN 'Calcarios pardos'
WHEN "COD1" = 'Pca(a)' THEN 'Calcarios pardos'
WHEN "nome_2" = 'REGOSSOLOS' THEN 'Regossolos'
WHEN "nome_2" = 'FLUVISSOLOS' THEN 'Aluviossolos'
WHEN "nome_2" = 'CAMBISSOLOS' THEN 'Aluviossolos'
WHEN "COD1" = 'ASoc' THEN 'Areas Sociais'
WHEN "COD1" = 'De' THEN 'Depósito de pedras'
WHEN "COD1" = 'Ds' THEN 'Depósito de pedras'
WHEN "nome_2" = 'SOLONCHAKS' THEN 'Salinos'
WHEN "COD1" = 'Asl' THEN 'Salinos'
WHEN "COD1" = 'Asl(i)' THEN 'Salinos'
WHEN "COD1" = 'Pca(d)' THEN 'Calcarios pardos'
WHEN "COD1" = 'Apr(p)' THEN 'Podzois'
WHEN "COD1" = 'Apr' THEN 'Podzois'

```

Figura 9 – Excerto do *script* com o comando *case* para reclassificação de solos.

Por último, utilizou-se a operação “*categorize*” para atribuir diferentes cores a cada Sub-Ordem, de modo a obter-se o mapa final de solos da ZVT. A Figura 10 mostra esquematicamente o modo como foram realizadas estas operações.

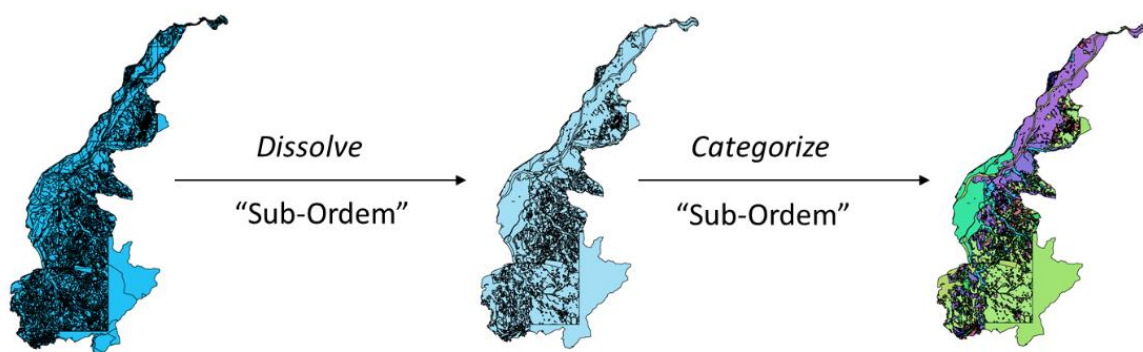


Figura 10 – Esquema de imagens (*layers*) geradas através dos comandos “*dissolve*” e “*categorize*”.

Na Figura 11 apresenta-se um esquema geral da metodologia utilizada para agrupar as manchas de solos por Sub-Ordem, onde são representados os dados de entrada, algumas operações e comandos do QGIS utilizados e, por fim, o *layer* final do mapa de solos da ZVT.

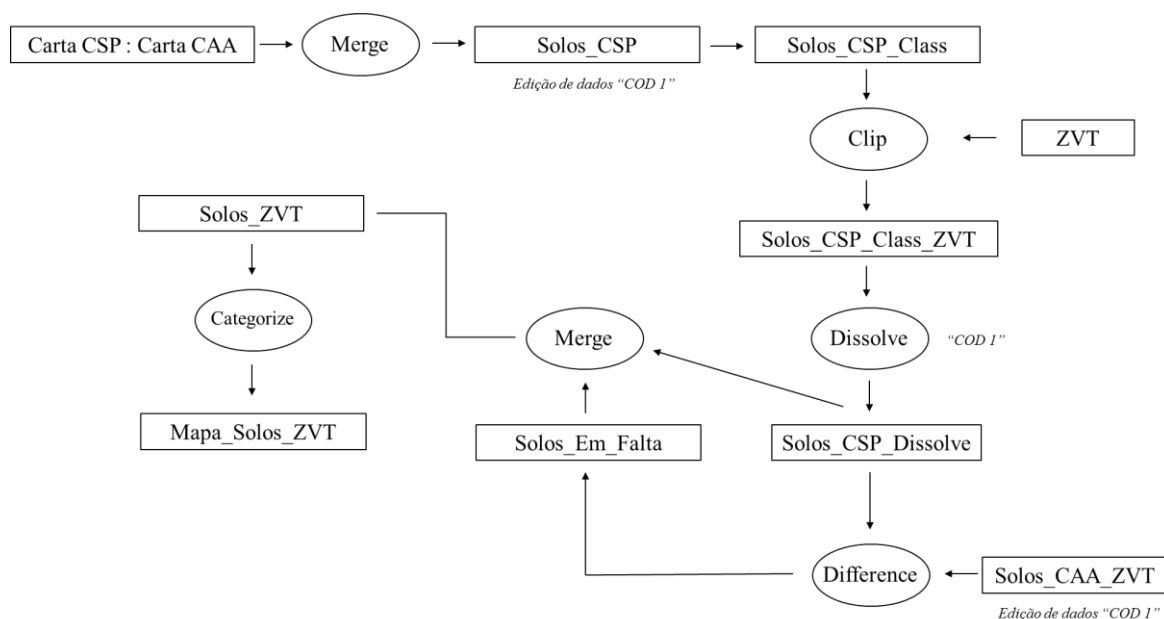


Figura 11 – Esquema geral do SIG desenvolvido para definição das manchas de solo da ZVT para realização do balanço de azoto.

Por fim, apresenta-se na Figura 12 o mapa de solos final que resultou de todas estas operações, agrupado pela Sub-Ordem.

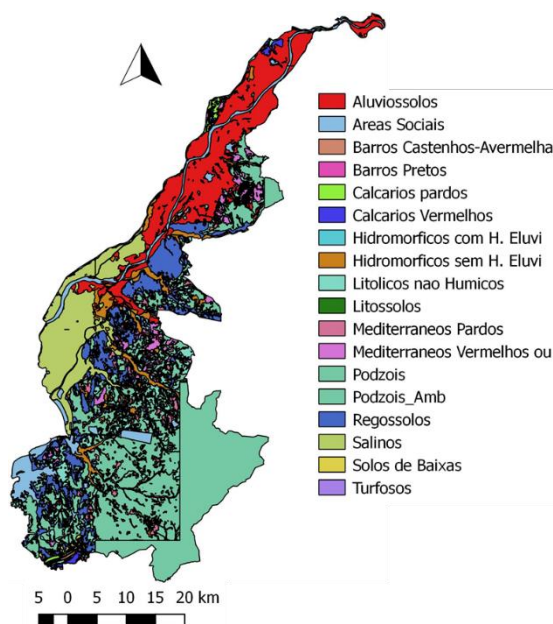


Figura 12 - Mapa de solos final.

3.3 Cálculo do balanço bruto de azoto

De acordo com os objetivos e o âmbito do presente estudo, calculou-se um balanço bruto de azoto (BBN) ao nível do solo (*vide* 2.2). A aplicação deste método considera diversas entradas de azoto e, como saídas, apenas considera a exportação de N pelas culturas (Eq. 1). Como

resultado, obtém-se a quantidade de N que não foi utilizada pelas culturas e que consiste num excesso armazenado no solo que poderá ser perdido pelas diversas vias, nomeadamente a lixiviação de nitratos (NO_3^-), a volatilização de amónia (NH_3) e a emissão de óxido nitroso (N_2O). Este excesso de azoto é designado na literatura internacional por *N surplus*, termo que aqui adotaremos.

O balanço bruto de N foi calculado por freguesia para cada grupo de cultura definido em 3.1.2, sendo o *N surplus* apresentado por unidade de superfície agrícola utilizada (SAU), segundo a metodologia da OCDE (Eurostat, 2013). Esta é a metodologia igual ou muito semelhante à utilizada em diversos estudos de Zonas Vulneráveis aos nitratos realizados por outros países membros da UE, tais como Dinamarca (Dalgaard et al., 2014), Holanda, Irlanda, Bélgica, Alemanha e Irlanda (van Grinsven et al., 2012), Reino Unido (Lord et al., 2002), Malta (NSO, 2008) e França (Poisvert et al., 2017), e que é descrita com pormenor no Capítulo 2 do presente trabalho. Baseia-se seguinte equação, aplicada por cultura e por freguesia:

$$N_{\text{surplus}} = FM + EA + D_{\text{Atm}} + AR + FB + MR - \text{Exp} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde, FM designa os fertilizantes minerais, EA o efluente animal, D_{Atm} a deposição atmosférica, AR o azoto na água de rega, FB a fixação biológica, MR a mineralização de resíduos das culturas anteriores e Exp designa a exportação de N pelas culturas. Todos os termos estão em kg N ano^{-1} e por área da respetiva cultura.

Finalmente, o *N surplus* para cada concelho da ZVT ($\text{kg N (ha SAU)}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi obtido pela média dos valores obtidos para as freguesias, ponderada pelas áreas de cada freguesia no respetivo concelho.

Seguidamente, explica-se com detalhe a obtenção de cada um dos termos da Eq.1.

3.3.1 Fertilizantes minerais

Os dados disponíveis no INE referem-se ao consumo aparente de fertilizantes por unidade de superfície agrícola utilizada, sendo valores globais para o país e para o período de 1995 a 2015 (Figura 13).

Dada a inexistência de dados sobre a utilização de fertilizantes com o nível geográfico pretendido e para diferentes tipos de culturas, recorreu-se à metodologia descrita seguidamente para estimar este importante *input* do balanço de N.

Foram considerados dois períodos distintos: a) entre 1989 e 2003, ou seja, antes da área em estudo ter sido declarada pela primeira vez como zona vulnerável, não estando os agricultores sujeitos à legislação de controlo de fertilizantes; e b) entre 2005 e 2009, quando a taxa máxima de aplicação de fertilizantes passou a ser definida, por cultura, no caderno de campo da ZV (DRAPLVT, 2004). O ano 2004 foi então tomado como ano de referência assumindo-se que,

nesse ano, as quantidades de fertilizante aplicado às culturas correspondiam aos máximos admitidos na ZV para a produtividade esperada (Quadro 5). As taxas de aplicação de fertilizante mineral foram então aumentadas ou diminuídas para o período a montante a jusante, respetivamente, de acordo com a taxa de variação do consumo global apresentada pelo INE para todo o país, calculada com base na evolução apresentada na Figura 13.

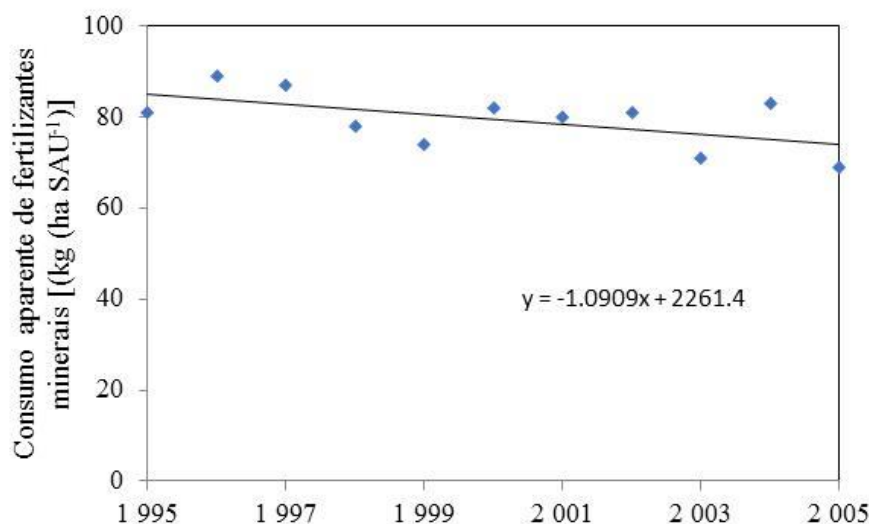


Figura 13 – Consumo aparente de fertilizantes em Portugal (INE, 2017).

Quadro 5 – Taxas de fertilização máxima admitidas para cada cultura dentro da ZV (adaptado de DRAPLVT, 2004)

Culturas	Necessidade em azoto (kg ha ⁻¹)
Milho-grão	300
Cereais de Inverno	162
Arroz	180
Forragem	128
Hortícolas – horto industriais	147
Pomares	107
Citrinos	200
Pomares frutos secos	127
Olival	120
Vinha	110

3.3.2 Efluentes pecuários

Portugal submeteu ao Eurostat fatores de excreção de N no efluente pecuário, específicos para o país (Velthof et al., 2015). No entanto, como neste trabalho se pretendia obter a quantidade de N presente no efluente produzido pela atividade pecuária apenas na ZVT, esta foi estimada com base na produção pecuária (nº de animais: bovinos, ovinos, caprinos, suínos, coelhos, equinos) declarada no RGA, para cada freguesia. Lord et al (2002) utilizou metodologia semelhante para o caso do Reino Unido.

Para cada tipo de animal foram utilizadas taxas de excreção anuais médias de N (método Tier 1, *vide* Capítulo 1). Uma vez que não se identificaram, para todas as espécies animais existentes, taxas de excreção de N obtidas para o nosso país, utilizaram-se neste trabalho as taxas de excreção recomendadas pelo Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC) (Dong et al., 2006) e que constam do Anexo III. Estas taxas são apresentadas em unidades de N excretadas por 1000 kg de animais e por dia. Com recurso à Eq. 2, foram calculadas as taxas anuais de excreção de N em kg N por animal e por ano para cada categoria animal.

$$Nexc_{(i)} = Ntaxa_{(i)} \cdot \frac{TAM_{(i)}}{1000} \cdot 365 \quad [Eq. 2]$$

Onde $Nexc_{(i)}$ representa a taxa anual de excreção de N ($kg\ N\ animal^{-1}\ ano^{-1}$) para a categoria animal i , $Ntaxa_{(i)}$ representa a taxa de excreção por defeito recomendada pelo IPCC ($kg\ N\ (1000\ kg\ animal)^{-1}\ dia^{-1}$) para a categoria animal i e $TAM_{(i)}$ representa massa típica para a categoria animal i .

O Quadro 6 apresenta os elementos utilizados na estimativa do N contido no efluente pecuário produzido em cada freguesia da zona vulnerável. No caso dos coelhos, o IPCC fornece diretamente a taxa anual de excreção de N ($kg\ N\ animal^{-1}\ ano^{-1}$).

A produção efetiva de N no efluente pecuário, que constitui a entrada no balanço, obteve-se a partir da multiplicação da taxa anual de excreção do azoto por tipo de animal, pelo número de animais existentes na freguesia.

Quadro 6 – Dados utilizados na estimativa do N excretado no efluente pecuário (adaptado de Dong et al., 2006)

Categoria animal	Taxa de N (<i>default</i> IPCC) kg N (1000 kg animal) ⁻¹ dia ⁻¹	Massa típica Kg animal ⁻¹
Vacas leiteiras	0,48	600
Outras vacas	0,330	420
Suínos	0,465	124
Aves	0,835	3,5
Ovelhas	0,850	50
Cabras	1,280	25
Cavalos	0,260	307
Coelhos	-	-

A produção de N assim estimada para cada freguesia foi repartida uniformemente dentro da respetiva freguesia. Tal como no caso dos fertilizantes minerais, considerou-se que, a partir de 2004, os agricultores aplicariam no máximo a taxa de $170\ kg\ N\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, tal como estabelecido no Manual de Campo da ZVT. Se, em determinada freguesia, a produção de N no efluente pecuário fosse superior a este valor, o efluente era distribuído nas freguesias

vizinhas, prática que é comum entre agricultores. Para os anos 1989 e 1999, anteriores à designação de zona vulnerável, não existindo limite legal estabeleceu-se neste trabalho o valor limite de 200 % de 170 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a partir do qual o efluente pecuário é distribuído por freguesias vizinhas.

3.3.3 N na água de rega

O N fornecido com a água de rega pode constituir um termo importante do balanço numa zona vulnerável, principalmente se a maior parte da rega a utilizar for de água subterrânea, como é o caso da ZVT. Com efeito e, de acordo com o DGADR, na Região Agrária do Ribatejo e Oeste, onde se insere a maior parte da ZVT, cerca de 80 % da água para rega provém do aquífero e apenas 20 % provém de águas superficiais. A restante área pertence à Região Agrária do Alentejo, onde a percentagem é de 60 % para a utilização de água subterrânea e 40% para utilização de água superficial (<http://www.dgadr.pt/rec-hid/nec-hidricas-culturas/origens-de-agua-para-rega>).

Com base na bibliografia (Sousa e Morais, 2011), foram estimados os volumes médios de água utilizados na rega de cada grupo de culturas. Para efeito de cálculo do aporte de N com a água de rega foi considerado o mesmo volume médio para os três anos de cálculo do balanço.

Uma vez que existem duas possíveis origens de água (subterrânea e superficial), os volumes de rega atribuídos às culturas foram afetados das percentagens referidas anteriormente, consoante a região agrícola em causa.

As entradas de N com a água de rega, N_{Rega} (kg ha⁻¹ ano⁻¹) foram então calculadas com base na Equação 3:

$$N_{\text{rega}} = D_{\text{rega}} \cdot [N - \text{NO}_3] \cdot 0,01 \quad [\text{Eq. 3}]$$

Onde D_{rega} representa a dotação de rega (mm ano⁻¹) e $[N - \text{NO}_3]$ a concentração de azoto nítrico na água de rega (mg L⁻¹).

A concentração de NO_3^- nas águas superficiais utilizada foi a relatada para os perímetros de rega do Vale do Sorraia e do Sado (Núncio, 2013). Quanto às águas subterrâneas, foram identificados em SIG os poços existentes em cada freguesia e foi extraída a sua concentração em azoto nítrico para cada ano de realização do balanço. Uma vez que não existem dados de qualidade das águas subterrâneas anteriores ao ano 2000, admitiu-se, por simplificação, que as concentrações nos anos 1989 e 1999 seriam as mesmas, fazendo referência ao valor mais antigo já registado, isto é, 2002.

Considerou-se na realização do balanço bruto de N, que nos anos 1989 e 1999, estas entradas não eram descontadas no plano de fertilização pois não existia legislação. Após

2004, ou seja, no ano de 2009, os agricultores das Zonas Vulneráveis passaram a ter que incluir estas quantidades de N no plano de fertilização. No entanto, pensámos ser irreal considerar que todos os agricultores da ZVT adotassem de imediato esta medida, pelo que foi considerada uma adoção gradual entre 2004 e 2009. Posto isto, decidiu considerar-se que, no “ano zero” (2004) a percentagem de adesão dos agricultores à medida foi de 25 % e no “ano cinco” (2009), foi de 50%.

3.3.4 Deposição atmosférica

Na falta de dados específicos para a região em estudo, utilizaram-se as estimativas feitas pelo *European Monitoring and Evaluation Programme* (EMEP) apresentadas em relatórios (Nyíri et al., 2009). Estas estimativas são obtidas com recurso ao modelo EMEP/MSC-W, que é um modelo de transporte desenvolvido no Instituto Norueguês de Meteorologia com o objetivo de calcular as concentrações na atmosfera e as deposições de compostos acidificantes e eutrofizantes (S e N), ozono (O₃) e partículas (PM_{2.5} e PM₁₀). Este e outros modelos do EMEP, constituem o Integrated Assessment Modelling, que suporta o desenvolvimento de legislação relativa à qualidade do ar na União Europeia.

Não existindo relatórios para Portugal para os anos de 1989 e 1999, realizaram-se, no âmbito deste trabalho, as simulações com o modelo EMEP/MSC-W *online* (http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/). Como resultado, obtiveram-se mapas de deposição atmosférica de N total em Portugal constituídos por pixéis de 50 km × 50 km, cada um associado ao valor médio da deposição nessa área.

3.3.5 Fixação biológica

A fixação biológica de N pelas culturas leguminosas pode constituir uma importante entrada de N, logo deve ser tida em conta no plano de fertilização, tal como indicado no manual de campo da ZVT. O cálculo da fixação biológica pelas culturas leguminosas teve como base valores médios de fixação de N para as culturas leguminosas de grão, pastos permanentes e pastos temporários apresentados no Quadro 7. A quantidade fixada é obtida multiplicando a fixação média pela área declarada destas três culturas para cada freguesia.

Quadro 7 - Fixação média de N por unidade de área pelas culturas leguminosas existentes na ZVT (adaptado de Dias, 1997; Baddley et al., 2013)

Fixação média de N (kg ha ⁻¹)		
Pastos temporários	Pastos permanentes	Leguminosas de grão
10,1	165	133

3.3.6 Resíduos de culturas anteriores

Para estimativa do impacto, na sequência, da cultura precedente foram utilizados os elementos fornecidos no Quadro 8, que integra o Manual de Campo da ZVT. Foram ainda consideradas as sequências de culturas típicas na região: (1) milho grão/cereal de inverno; (2) hortícola 1/hortícola 2/hortícola 3. Como pode observar no Quadro 8, quase todos os tipos de resíduos fornecem quantidades de N consideráveis (principalmente as brássicas), com exceção das palhas de cereais que, por apresentarem razão carbono/azoto elevada, conduzem à imobilização do N, sendo necessário reforçar o fertilizante aplicado.

Quadro 8 – Quantidade de N Azoto a adicionar ou retirar no cálculo da fertilização de acordo com o tipo de cultura precedente (DRAPLVT, 2004)

Precedente cultural	Azoto a adicionar (+) ou retirar (-) à recomendação (Kg N ha ⁻¹)
Beterraba (folhas incorporadas)	-20
Cereais (palha incorporada)	+20
Couve-brócolo.	-30
Couve-de-bruxelas	-30
Couve-flor	-30
Prado temporário (2 ou mais anos)	-20
Prado luzerna	-40
Cultura intercalar – gramíneas	- 1,5 Kg de N/t matéria verde incorporada
Cultura intercalar – leguminosas	- 2,5 Kg de N/t matéria verde incorporada

Novamente se assumiu que, em 2009, cinco anos após a designação de Zona Vulnerável, apenas 50% dos agricultores consideram esta entrada de N nos planos de fertilização.

3.3.7 Exportação de N

A exportação o único elemento do balanço que corresponde a uma saída de N, uma vez que considera o N extraído pelas culturas. Recorreu-se à seguinte metodologia para a sua estimativa.

Com base no Manual de Fertilização das Culturas (INIAP-LQARS, 2006) obteve-se a extração a esperar de uma determinada cultura para uma determinada produtividade de referência. Com base nos dados estatísticos de produtividade real das diferentes culturas em cada freguesia da ZVT, para os 3 anos do balanço, fez-se o cálculo da quantidade de N extraída para se obter a produção declarada. Para tal considerou-se a quantidade teórica de N a adicionar/retirar por cada unidade de acréscimo/decrécimo na produtividade declarada relativa à produtividade de referência. Fornece-se o seguinte exemplo para melhor compreensão da metodologia.

- De acordo com o Manual de Campo da ZVT:

- Produtividade de referência (PR) do Milho grão: 1000 kg ha⁻¹
 - Necessidades de N para a produção de referência (N_{Ref}) = 200 kg ha⁻¹
 - Por cada acréscimo/decrécimo de produtividade, ΔP, de 500 kg deve aumentar-se/diminuir-se o N, ΔN, em 15 kg.
- Produtividade declarada (PD) de Milho grão para a freguesia: 9920 kg ha⁻¹

$$Ext = \frac{PD - PR}{\Delta P} \cdot \Delta N + N_{Ref} = 198 \text{ Kg N ha}^{-1}$$

3.4 Índices de risco

Apresenta-se seguidamente a metodologia utilizada para a atribuição de um índice de risco global a cada concelho da ZVT, a partir dos índices de risco componentes: profundidade da toalha freática, permeabilidade do solo e N *surplus*.

3.4.1 Índice de risco associado à profundidade da toalha freática

A profundidade a que se encontra a água subterrânea é um fator a considerar no cálculo do risco de contaminação uma vez que, quanto mais próxima da superfície estiver a água mais rapidamente refletirá a dinâmica dos sistemas agrícolas à superfície. Por isso, interessou saber qual a profundidade mínima que foi alguma vez registada em cada poço, de modo a realizar em SIG um mapa com a representação das distribuições das profundidades da água subterrânea, produzido através da interpolação espacial com o recurso ao método do inverso do quadrado da distância. Por comparação da profundidade da água subterrânea com as classes de profundidade apresentadas no Quadro 9, foi atribuído, a cada concelho da ZVT, um índice de risco associado à toalha freática. As classes apresentadas no Quadro 9 foram definidas, neste trabalho, de acordo com as profundidades potenciais dos sistemas radiculares das culturas/pomares e da sua capacidade de extração de água e N do solo.

3.4.2 Índice de risco associado à permeabilidade dos solos

A permeabilidade do solo está diretamente relacionada com o potencial de contaminação das águas subterrâneas por parte do ião nitrato, uma vez que o processo predominante de transporte é o convectivo. Dado que quanto maior for a permeabilidade do solo, maior é o índice de risco de contaminação, utilizaram-se classes de índice de risco crescente à medida que a permeabilidade do solo aumenta (Quadro 10).

3.4.3 Índice de risco associado ao excesso de N calculado para cada concelho

A cada concelho da ZVT foi ainda atribuído um índice de risco associado ao excesso de N resultante do balanço bruto de N que foi realizado para os três anos estudados. Ao contrário

do que foi feito para os dois índices anteriores, neste caso, as quatro classes de risco só foram definidas depois de ter sido calculado o balanço para todas as freguesias e para os três anos.

3.4.4 Índice de risco global

Por fim, calculou-se um índice de risco global, que pretende integrar os principais fatores que influenciam, em cada concelho, a contaminação das águas subterrâneas com nitratos de origem agrícola. O seu valor resulta da soma dos três índices de risco, sendo que, quanto maior for o valor resultante, maior será o potencial de contaminação das águas subterrâneas. Este cálculo é feito ao nível do concelho e é apresentado da seguinte forma:

$$I_G = I_{TF} + I_S + I_N \quad [\text{Eq. 4}]$$

Onde I_G representa o índice global de risco de contaminação das águas subterrâneas com nitratos; I_S o risco associado à permeabilidade dos solos [1;6]; I_{TF} o índice de risco da profundidade da toalha freática [1;4] e I_N [1;4], o índice de risco associado ao excesso de azoto. O intervalo de valores possíveis para o risco global situar-se-á no intervalo [3;14] como pode ser observado no Quadro 11. Os valores dos diferentes índices de risco podem ser consultados no Anexo IV.

Quadro 9 – Classes de índice de risco associado à profundidade da toalha freática

Descrição	Classes de profundidade	Índice de risco
Baixo	> 10 m	1
Moderadamente baixo	5 – 10 m	2
Moderadamente alto	2 – 5 m	3
Alto	0 – 2 m	4

Quadro 10 - Classes de índice de risco associado à permeabilidade dos solos

Descrição	Índice de Risco
Baixo	1
Moderadamente baixo	2
Moderado	3
Moderadamente alto	4
Alto	5
Muito alto	6

Quadro 11 – Classes de índice de risco global da contaminação das águas subterrâneas com NO_3^-

Descrição	Classes
Baixo	[3 – 5[
Moderadamente baixo	[5 - 7[
Moderado	[7 - 9[
Moderadamente alto	[9 - 11[
Alto	≥ 11

4 Resultados

4.1 Caracterização espacial da ZVT

4.1.1 Freguesias abrangidas pela zona vulnerável

Uma vez que a delimitação da zona vulnerável não foi efetuada pelas fronteiras das freguesias, o seu recorte deixa algumas delas apenas parcialmente inseridas na zona em estudo. A Figura 14 mostra a distribuição das freguesias pela zona vulnerável, podendo a sua numeração ser consultada no Anexo V. No Anexo VI são apresentadas as freguesias que são parcialmente abrangidas pela ZVT e as respetivas frações. As frações foram utilizadas mais à frente na afetação das áreas de culturas e pecuária declaradas para essas freguesias. Como exemplos referimos as freguesias de Alcanhões, no concelho de Santarém, com 3,2% de área na ZVT; Tancos, do concelho de Vila Nova da Barquinha com 9,45 % e UF de Coruche, Fajarda e Erra, do concelho de Coruche com 4,3 %.

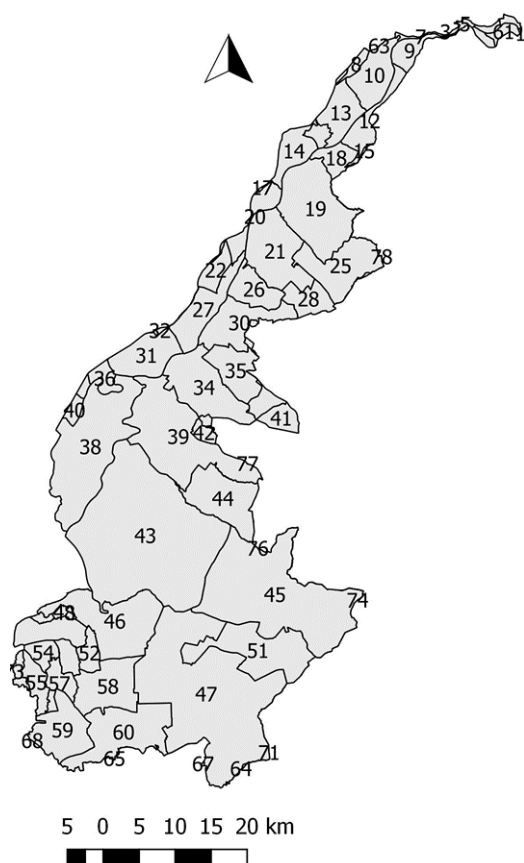


Figura 14 - Freguesias abrangidas total ou parcialmente pela zona vulnerável.

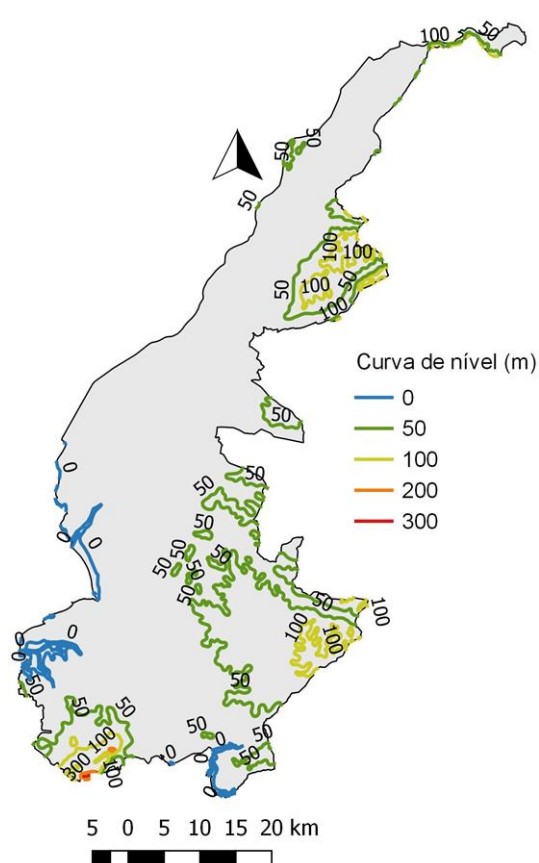


Figura 15 - Zona vulnerável do Tejo com as curvas de nível representadas.

4.1.2 Topografia e relevo

A Figura 15 apresenta as curvas de nível na ZVT obtidas a partir da CAA disponibilizada pelo SNIAmb (2017).

A ZVT apresenta declive plano ou quase plano a suave em 90% da área, declive moderado a ligeiramente acentuado em 6% da área e declive moderadamente acentuado a acentuado na restante área.

As regiões da zona vulnerável mais afastadas do leito do rio são as que apresentam as maiores cotas. A cota mais elevada situa-se na região Sudoeste (concelho de Palmela) com um valor de 300 metros. Em geral, no interior da ZVT as cotas variam entre 0 e 50 metros de altura para regiões próximas do percurso do rio Tejo (Noroeste) ou de outras linhas de água.

4.1.3 Uso e ocupação do solo na ZV Tejo

Para a análise da evolução da ocupação de solo na ZVT durante o período de 1990 a 2012, utilizou-se a carta CORINE Land Cover (CLC) (DGT, 2017).

A CLC apresenta uma ocupação de solo para a região da ZVT maioritariamente de agricultura e florestas. É também identificada uma pequena percentagem de cursos de água, agricultura com espaços naturais e seminaturais e tecido urbano descontínuo.

Segundo a CLC, as classes de ocupação do solo agrícola e florestal mais representativas na ZVT são as culturas temporárias de regadio, florestas, vinhas, sistemas agroflorestais e os sistemas culturais e parcelares complexos. O Quadro 12 mostra a percentagem da área de ocupação de solo de cada uma destas classes e a sua evolução entre 1990 e 2012.

Quadro 12 – Percentagem da ocupação do solo das classes mais representativas					
Ano	Florestas	Sistemas culturais e parcelares complexos	Culturas temporárias de regadio	Sistemas agroflorestais	Vinhas
1990	29 %	17 %	15 %	8 %	8 %
2012	26 %	20 %	16 %	8 %	8%

As áreas apresentadas no Quadro 12 têm-se mantido relativamente constantes, observando-se uma pequena redução da área das florestas no período 1990 e 2012, acompanhada de um ligeiro aumento dos sistemas culturais e parcelares complexos e das culturas temporárias de regadio que englobam a culturas hortofrutícolas, horto industriais e algumas arvenses. A evolução da distribuição espacial das áreas agrícolas e florestais na ZVT, entre 1990 e 2012, é mostrada na Figura 16.

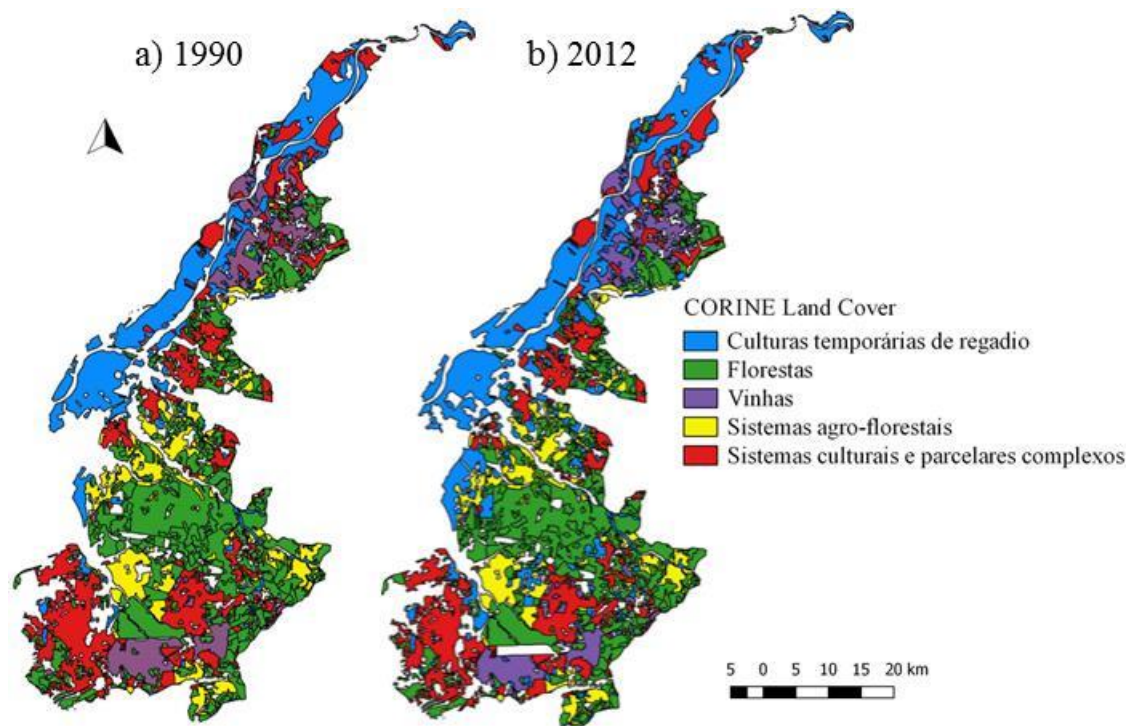


Figura 16 – Evolução da ocupação agrícola e florestal do solo na ZVT (CLC, 2009, 2012).

É possível observar a partir da Figura 16 que as culturas temporárias de regadio se distribuem principalmente ao longo das margens do rio Tejo. Na região Sudeste, mais afastada do leito do rio Tejo, observa-se uma predominância de áreas de floresta, sistemas agroflorestais e sistemas culturais complexos. Verifica-se áreas importantes de vinha nas regiões de Palmela, Alpiarça e Almeirim.

4.1.4 Profundidade dos aquíferos

A Figura 17a) mostra a distribuição espacial dos principais aquíferos na ZVT, com o aquífero livre superior, Aluviões do Tejo, e o aquífero semi-confinado, inferior, Margem Esquerda/Margem Direita. A Figura 17b) mostra onde estão instalados os poços de monitorização considerados neste trabalho.

A Figura 18 mostra os mapas de isolinhas da profundidade dos aquíferos. Verifica-se que no Aquífero dos Aluviões a profundidade da água apresenta valores de profundidades compreendidos entre os 2 e 14 metros, enquanto que o aquífero Margem Esquerda/Direita apresenta valores de profundidade mais elevados, chegando a atingir profundidades de 50 metros. As profundidades estão também associadas ao tipo de aquífero que o poço está a monitorizar, sendo que os poços situados nos Aluviões do Tejo têm menores profundidades do que os poços associados aos aquíferos da Margem Esquerda/Direita visto que os últimos se encontram subjacentes aos Aluviões, comunicando lateralmente entre si. Com base nestas

profundidades, foi calculado o índice de risco da toalha freática descrito mais à frente (vide 4.3.2).

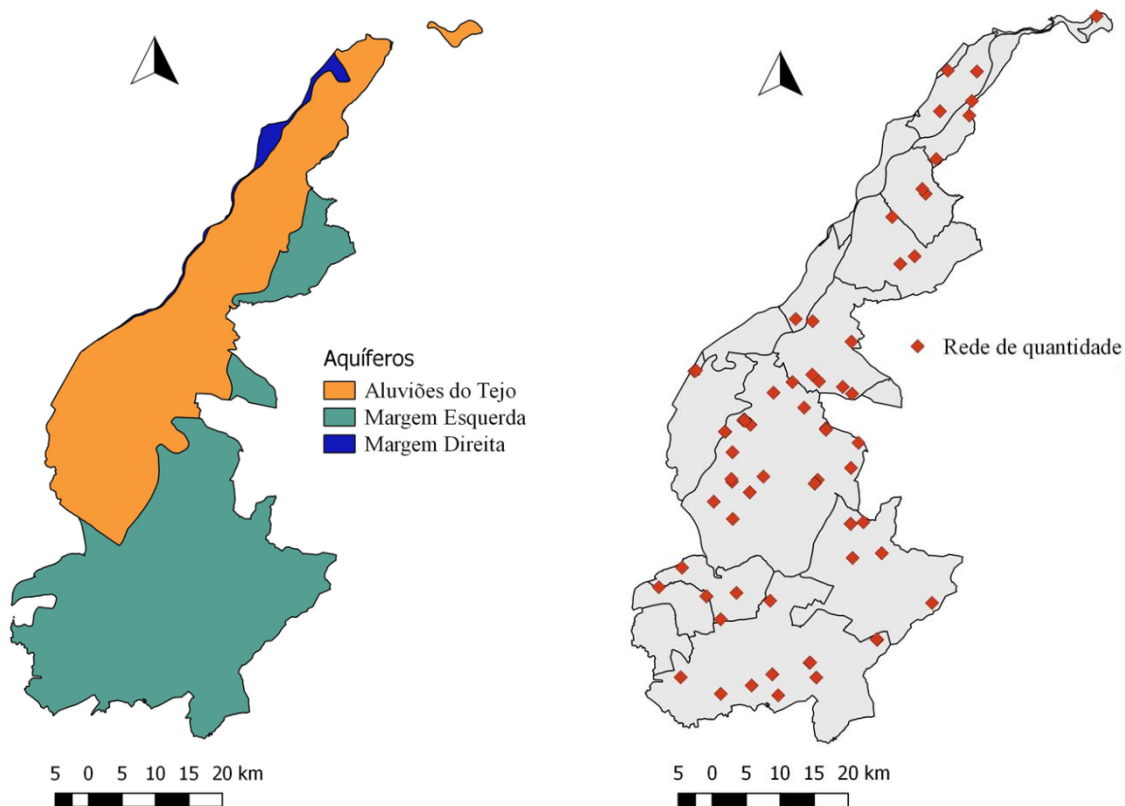


Figura 17 - Distribuição espacial dos aquíferos na ZVT a); Rede de quantidade das águas subterrâneas na ZVT b).

A ZVT sobrepõe maioritariamente o aquífero da Margem Esquerda (ME) com 87 %, seguida dos Aluviões do Tejo (AT) com 42 % e por último o aquífero da Margem Direita (MD) com 11%. O seu somatório é superior à área total da ZVT devido à sobreposição dos Aluviões relativamente aos aquíferos semi-confinados. As sobreposições entre MD/AT e ME/AT são de 21,7 % e 77 %, respetivamente, correspondendo os restantes 1,3 % à área da ZVT desprovida de aquíferos, podendo observar-se na Figura 17a) a descontinuação dos Aluviões do Tejo na região Norte da zona vulnerável.

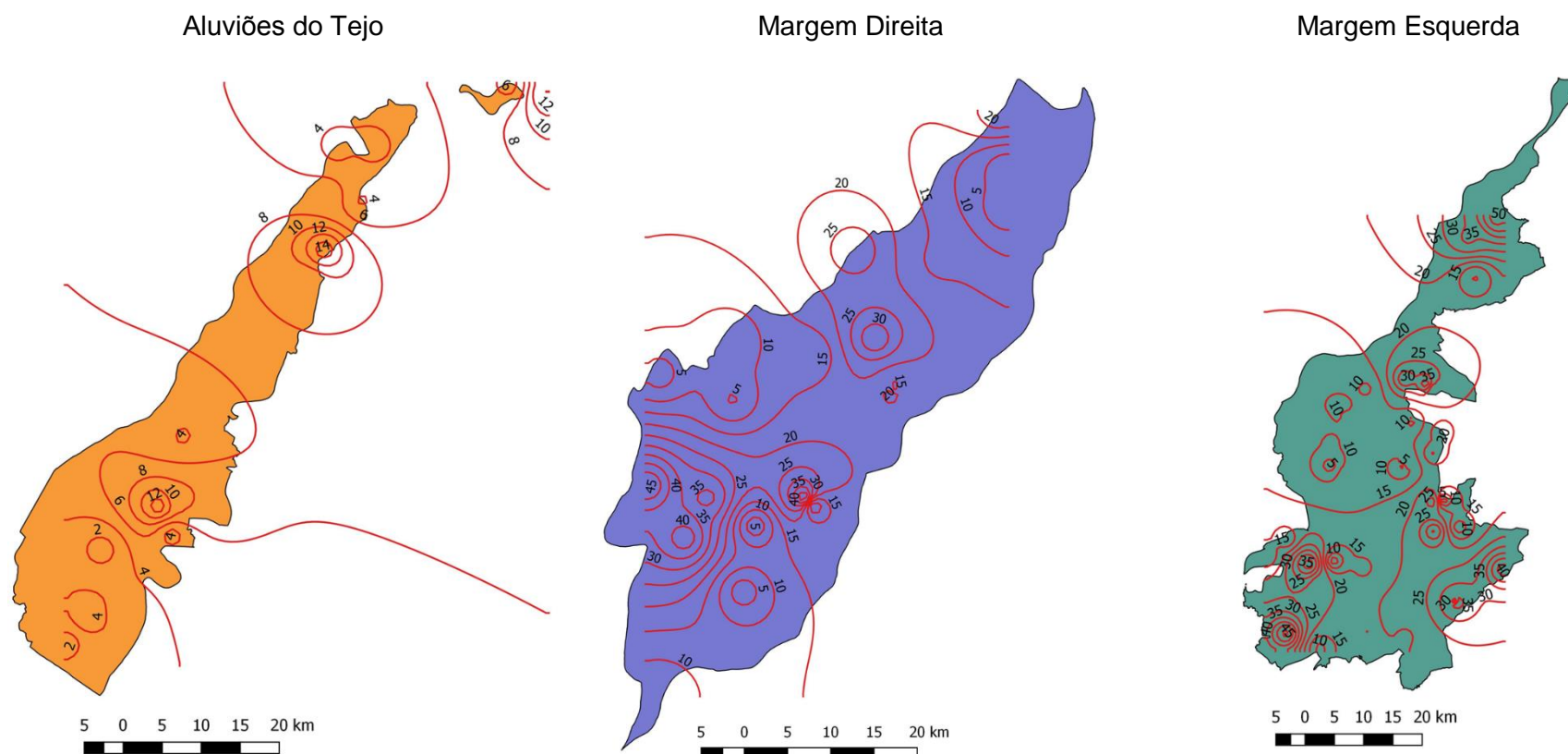


Figura 18 – Mapas de isolinhas das profundidades dos aquíferos.

4.1.4 Distribuição espacial dos solos

A Figura 19 mostra o mapa de solos obtido após agregação das famílias de solos em 18 Sub-Ordens.

Como se pode observar, as Sub-Ordens não se distribuem uniformemente na ZVT. Há uma predominância de aluviosolos na região a Norte, ao longo do Rio Tejo. Os podzois predominam a Sudeste e os salinos no Centro-Oeste. Os regossolos constituem também uma Sub-Ordem de importante expressão na zona vulnerável.

Na região central da ZVT, para além de se observar uma maior heterogeneidade nas manchas de solos, estas apresentam áreas muito pequenas.

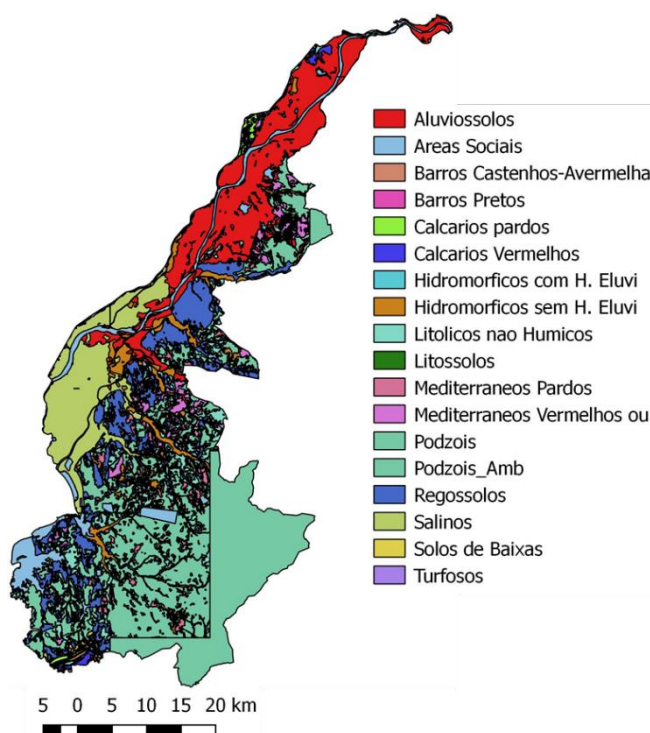


Figura 19 - Mapa de solos da ZV Tejo com agregação até à Sub-Ordem.

O Quadro 13 apresenta as áreas percentuais ocupadas por cada Sub-Ordem na Zona Vulnerável, confirmando a existência das Sub-Ordens dominantes de podzois e aluviosolos.

Quadro 13 - Áreas percentuais das Sub-Ordens de solo na ZVT

Sub-Ordem	Área (%)	Sub-Ordem	Área (%)
Podzois	38,02	Solos de Baixas	0,67
Aluviosolos	16,13	Calcários pardos	0,56
Regossolos	10,30	Calcários Vermelhos	0,47
Salinos	9,76	Hidromórficos com H. Eluvial	0,25
Áreas Sociais	6,20	Barros Castanhos-Avermelhados	0,07
Litólicos não Húmicos	6,06	Litossolos	0,06
Hidromórficos sem H. Eluvial	5,20	Turfosos	0,02
Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos	3,30	Barros Pretos	0,01
Mediterrâneos Pardos	2,93		

4.1.5 Ocupação agrícola. Distribuição espacial e temporal

A distribuição espacial das culturas na ZVT apresenta-se na Figura 20.

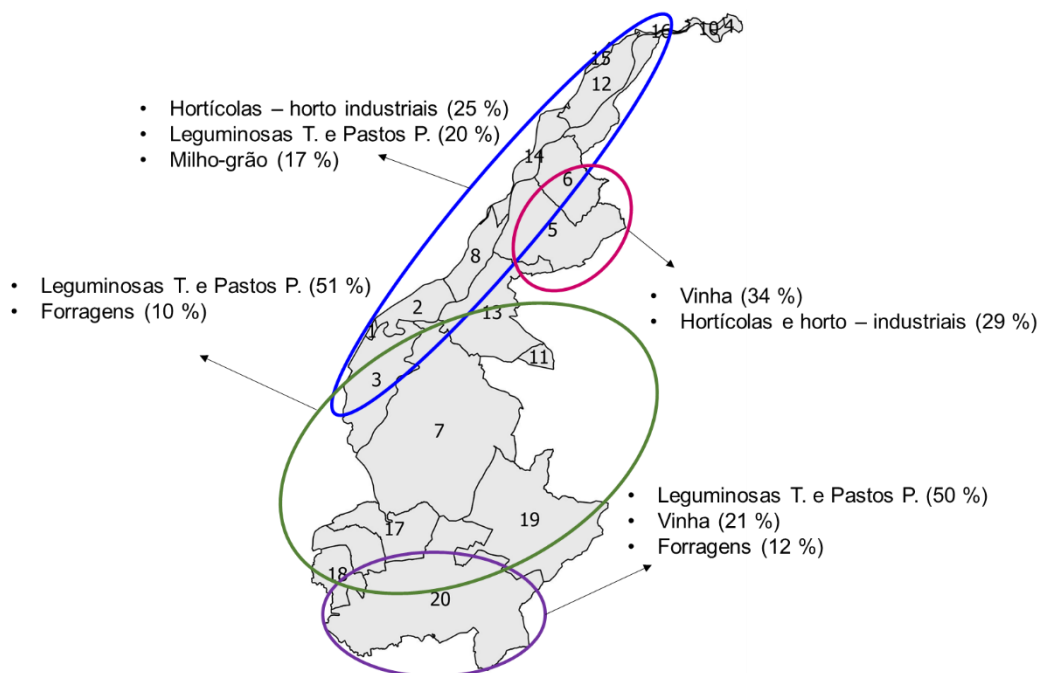


Figura 20 – Distribuição espacial das culturas, por concelho, em 2009.

Globalmente, ao nível da ZVT, verifica-se que no período de 1989 a 2009 a área das culturas leguminosas temporárias e permanentes aumentaram 21 %, enquanto que para as culturas forrageiras, hortícolas – horto industriais e milho-grão se verifica uma diminuição de 1 %, 2 % e 1 %, respetivamente.

A Figura 21 e a Figura 22 apresentam a evolução temporal das áreas ocupadas pelas culturas milho-grão, hortícolas – horto industriais e leguminosas (grão e prados) e forrageiras para cada freguesia da ZVT.

Verifica-se que a área ocupada com milho se manteve constante na região Norte da ZVT ao longo de todo o período em estudo. Verificaram-se aumentos graduais em Vila Franca de Xira e Palmela enquanto que em Samora Correia se assistiu a uma diminuição significativa. Relativamente às hortícolas – horto industriais, salienta-se o concelho do Cartaxo que em 1989 apresentava uma área reduzida, tendo aumentado consideravelmente até 2009. Também em Alpiarça se registou um aumento, embora menos significativo. Em Vila Franca de Xira e na região Sul da ZVT, a área de hortícolas – horto industriais diminuiu. A área de leguminosas (grão e pastos) aumentou significativamente em Samora Correia e na região Sudeste, enquanto que na restante área da ZVT se manteve sensivelmente constante. Quanto às culturas forrageiras assistiu-se a um aumento nos concelhos de Vila Franca de Xira e Palmela e uma diminuição em Samora Correia.

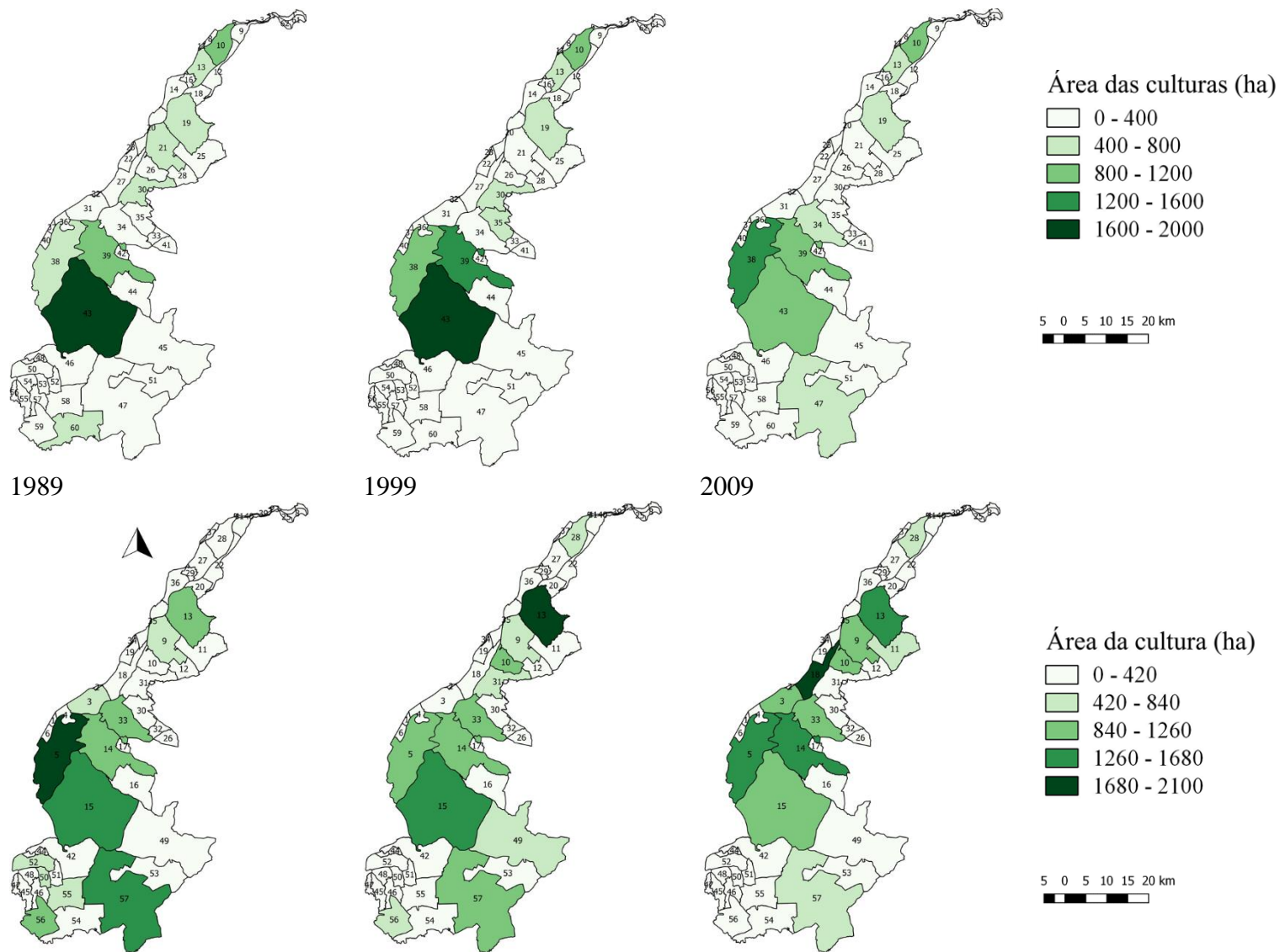


Figura 21 – Distribuição geográfica das culturas de milho-grão (topo) e hortícolas – horto industriais (base) na ZVT para os três anos em análise.

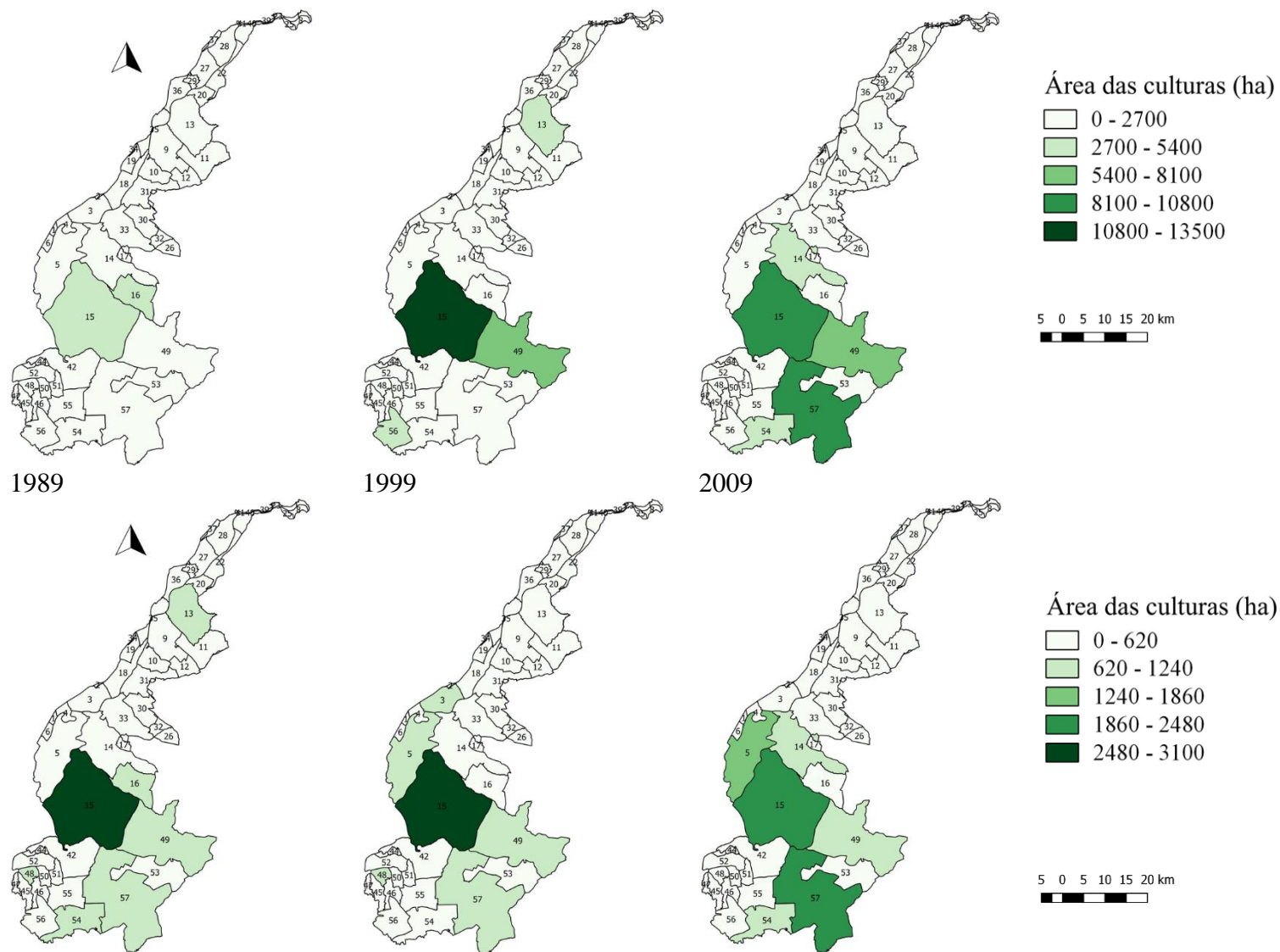


Figura 22 – Distribuição geográfica das culturas leguminosas (grão e prados) (topo) e forrageiras (base) na ZVT para os três anos em análise.

4.2 Balanço de azoto agrícola na Zona Vulnerável do Tejo

4.2.1 Entradas do balanço de N

Como foi referido anteriormente, as entradas no balanço bruto de N (BBN) consideradas neste trabalho correspondem aos fertilizantes minerais, ao efluente pecuário, ao N contido na água utilizada para a rega, ao N fornecido pelos resíduos das culturas precedentes, à deposição atmosférica e à fixação biológica de N. As duas primeiras constituem 89%, 86% e 84% do total das entradas para os anos de 1989, 1999 e 2009 respetivamente, seguidas pelo N fornecido pela água de rega que representa 5 % em 1989 e 6 % em 1999 e 2009. As restantes, no seu conjunto, contribuem apenas com 7 %, 7 % e 11 %, respetivamente.

A Figura 23 (topo) mostra a produção de N no efluente pecuário por concelho, estimado de acordo com a metodologia apresentada no Capítulo 3. As áreas que apresentam maior produção de azoto no efluente (ton ano^{-1}) são, obviamente, os locais onde existem maior número de animais, sendo os bovinos e suínos os que mais contribuem para as excreções em azoto. Como se pode observar, concelhos mais a sul da zona vulnerável apresentam maior taxa de produção e de aplicação de efluente uma vez que são concelhos onde predomina a produção pecuária (Anexo VII).

A Figura 23 (base) mostra também o N aplicado, por concelho, utilizando as produções de efluente pecuário por superfície agrícola utilizada (SAU) e seguindo as normas apresentadas no Manual de Campo, tal como explicado no Capítulo 3. Para o ano 2009 do balanço, o valor máximo considerado no BBN foi de $170 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, tendo o excesso sido distribuído por freguesias vizinhas com menor produção. Para os anos 1989 e 1999 consideraram-se entradas até 200% de $170 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para concelhos com elevada produtividade de efluente pecuário. Novamente o excedente de efluente foi dividido por concelhos vizinhos com capacidade de receber N orgânico tendo em conta a sua área agrícola.

A Figura 24 mostra, para os 20 concelhos pertencentes à ZVT, as três entradas mais significativas do balanço de azoto, fertilizantes minerais, efluentes pecuários e água de rega. Globalmente a principal entrada no balanço corresponde aos fertilizantes minerais. Na maioria dos concelhos, a taxa de FM é superior à de EA, com exceção dos concelhos Moita, Alcochete, Palmela e Salvaterra de Magos (SM) em 1989 e 1999; e Alcochete, Benavente, Cartaxo, Moita, Montijo, SM e Vila Nova da Barquinha (VNB) em 2009 devido à expressão da produção pecuária nestes últimos. Estes termos do balanço de N são apresentados por concelho e por ano no Anexo VIII.

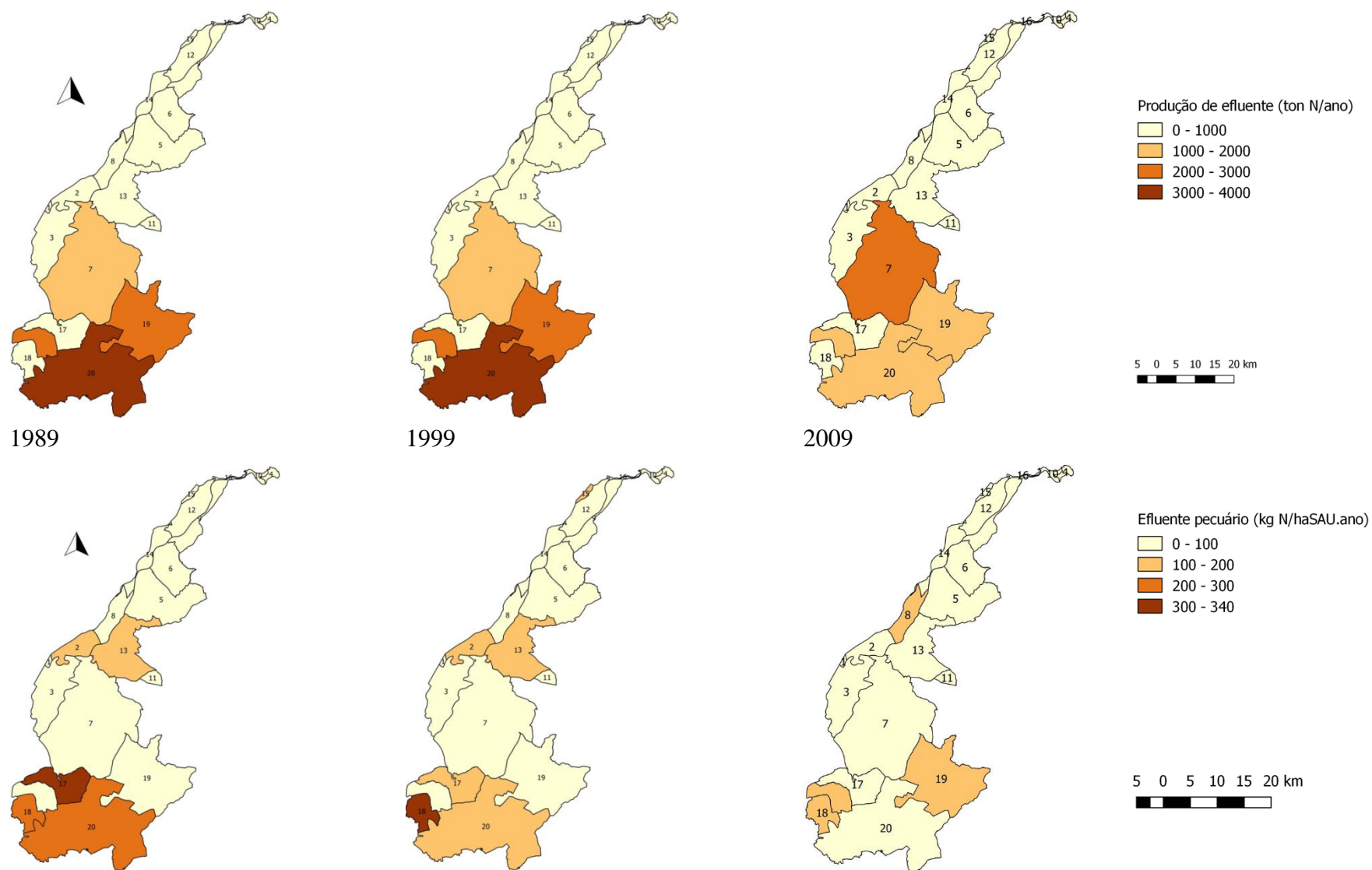


Figura 23 - Quantidade de N no efluente pecuário produzido por concelho (Topo); N entrado no balanço por via da aplicação de efluente pecuário (Base).

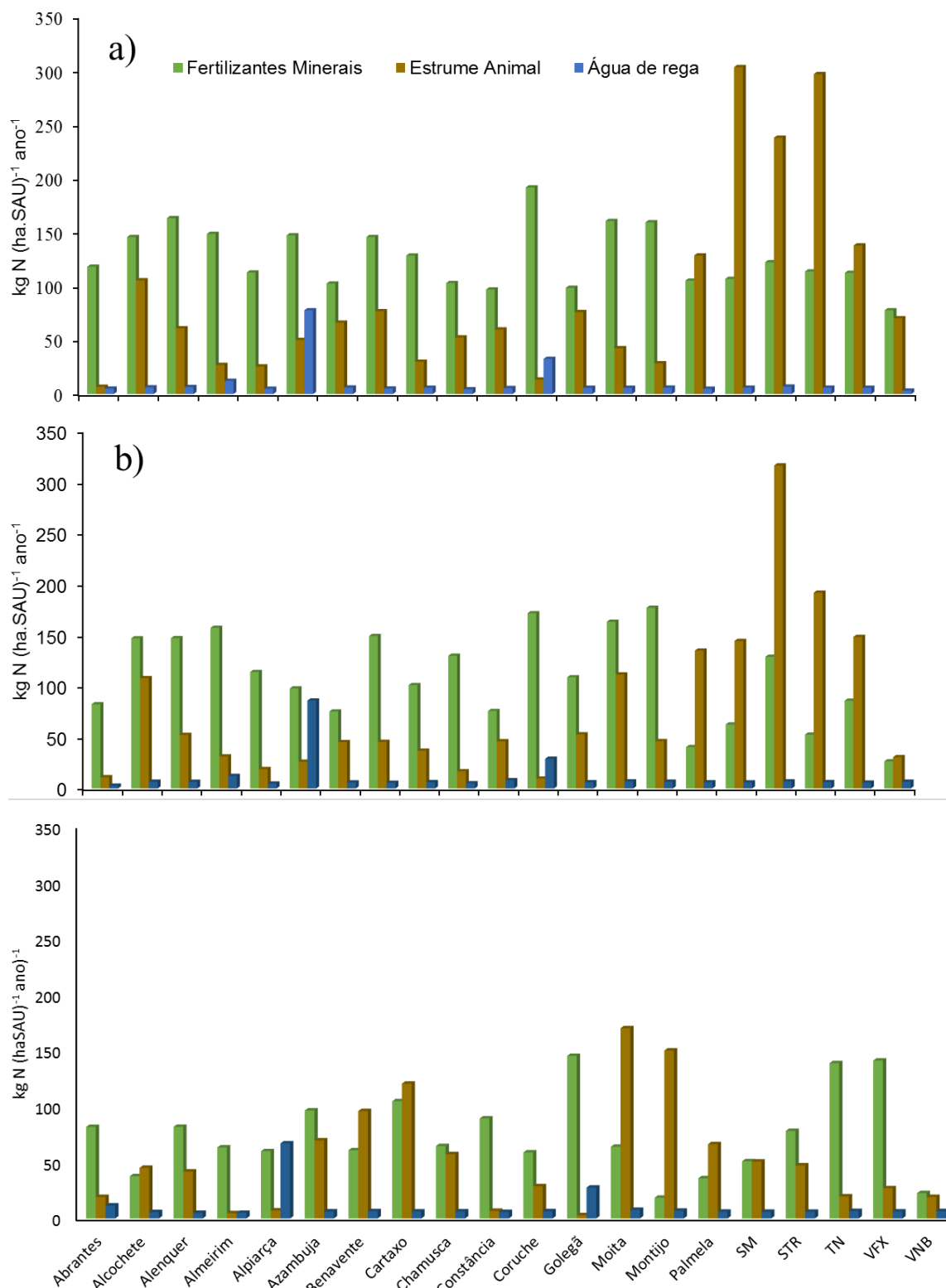


Figura 24 – Entradas de N no balanço bruto de N por concelho para os três anos em análise: a) 1989, b) 1999 e c) 2009.

Até 2004, primeira data de definição da zona vulnerável do Tejo, os agricultores tendiam a aplicar todo o efluente produzido, justificando os valores muito elevados de EA apresentados nos concelhos de Alcochete, Moita e Montijo (Figura 24 a) e b)). Para o ano de 2009 (Figura

24 c)), não se observa nenhum concelho com valores de EA superiores a 170 kg N ha^{-1} , uma vez que este valor corresponde ao VMA imposto pelo programa de ação da ZVT, sendo o excesso de produção de efluente pecuário num dado concelho, distribuído pelos concelhos vizinhos desde que estes não ultrapassem o VMA. O N fornecido com a água de rega tem expressão nos concelhos com predominância das culturas de regadio, como é o caso de Alpiarça que apresenta maior área percentual ocupada com milho-grão e hortícolas – horto industriais. Verifica-se, no último ano de estudo, uma redução das entradas devido à entrada em vigor do programa de ação na ZVT e ao cumprimento da respetiva legislação referente à aplicação de fertilização azotada.

A Figura 25 apresenta a carga de cada uma das entradas consideradas nos três anos do BBN a nível de toda a zona vulnerável. A fertilização mineral e os efluentes pecuários constituem as principais entradas de N no balanço, apresentando uma diminuição ao longo do período 1989 e 2009. A fertilização mineral foi, em 1989 e 1999, ligeiramente superior ao EA, mas o seu peso relativo tem vindo a diminuir observando-se em 2009 que apresentam valores quase semelhantes. A percentagem correspondente aos fertilizantes minerais em 1989 é de aproximadamente 49 %, descendo para 46 % em 1999 e 42 % em 2009. O efluente pecuário representa, nos dois primeiros anos, 40% e em 2009 cerca de 42 % do total.

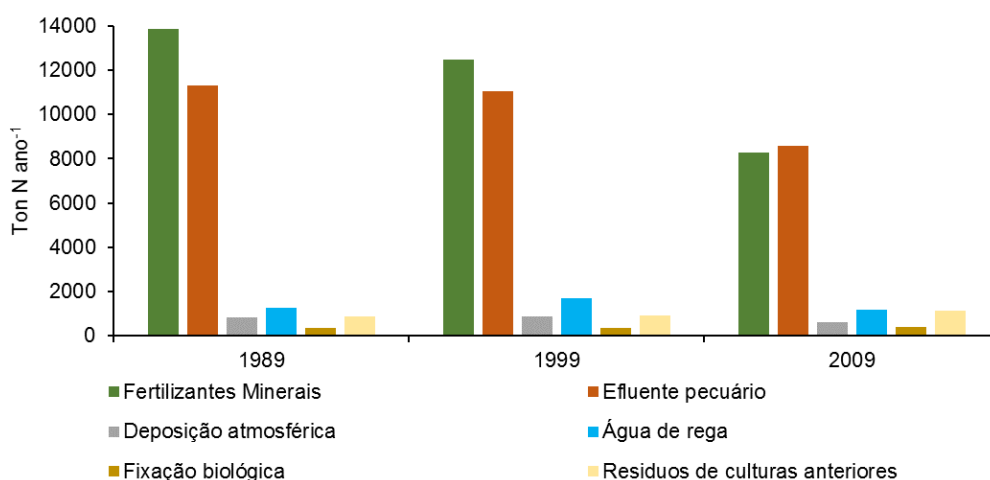


Figura 25 - Entradas de N no balanço, a nível da zona vulnerável.

Relativamente às restantes entradas no balanço, a fixação biológica contribui com 1 % em 1989 e 1999 e com 2 % em 2009, a água para rega com 5 % em 1989 e 6 % em 1999 e 2009, os resíduos de culturas anteriores com 3 % em 1989 e 1999 e com 6 % em 2009 e, a deposição atmosférica com 3 % para os três anos. A carga de N introduzida pela deposição atmosférica por unidade de área da ZVT foi de 7,9, 7,3 e $5,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ para os três anos do balanço, respetivamente podendo ser consultada no Anexo IX.

A Figura 26 apresenta a distribuição espacial de algumas entradas de N.

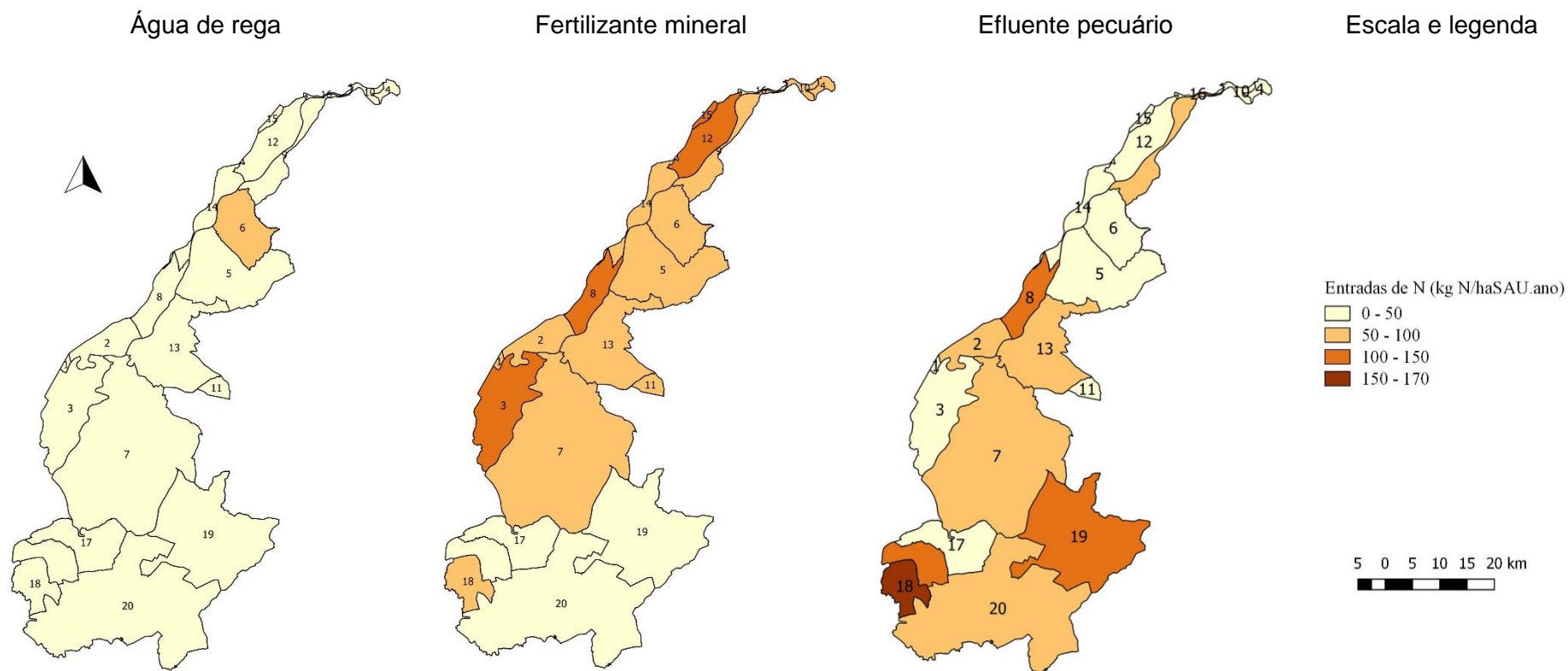


Figura 26 - Representação da distribuição geográfica das cargas de N imputadas no ano 2009.

4.2.2 Exportação de N

As saídas de azoto no BBN correspondem à exportação de N das culturas. Os valores das exportações por concelho são apresentados na Figura 27, estando diretamente relacionados com as áreas e tipos de culturas presentes no mesmo.

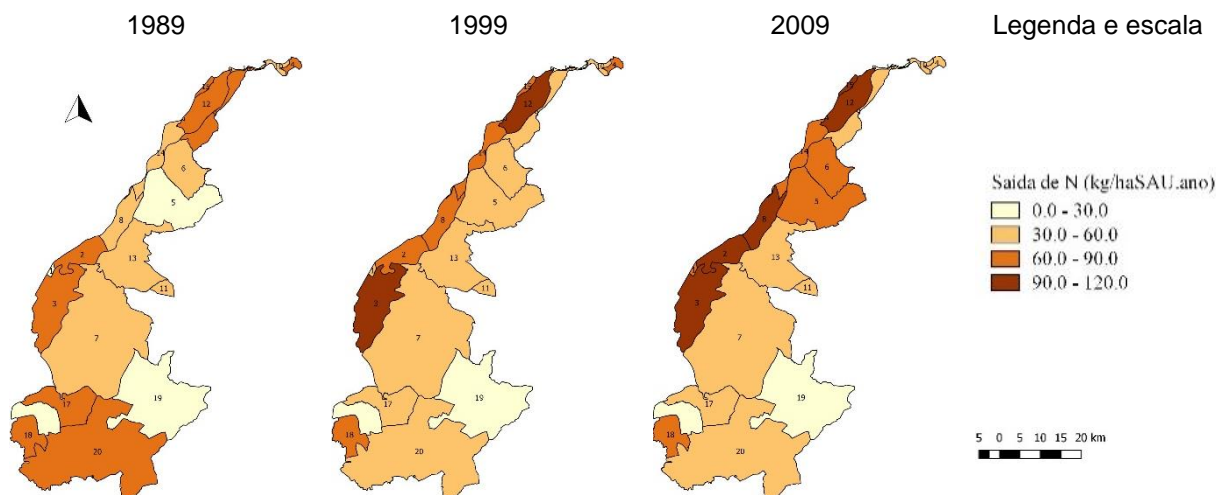


Figura 27 - Exportações de N para os três anos do balanço bruto de azoto.

A exportação aumentou ao longo dos anos, mostrando-se mais intensa nos concelhos situados a oeste na zona vulnerável (Vila Franca de Xira, Vila Nova da Rainha, Cartaxo, Santarém, Golegã e Torres Novas), devido ao tipo de cultura praticada. Estes concelhos que se encontram ao longo do rio Tejo, têm predominantemente culturas de regadio (milho-grão) e hortícolas - horto industriais, como se pode observar na Figura 21, culturas estas de elevada exigência em N. O valor total da extração para os anos 1989, 1999 e 2009 do balanço foi de 6 332, 7 473 e 7 503 ton ano⁻¹, respetivamente. Em termos percentuais no primeiro ano do balanço a exportação foi de 22% do N de entrada, 27% em 1999 e 38% em 2009. O valor da extração de N pelas culturas é bastante menor relativamente às entradas verificadas, conduzindo a um excesso de N no solo.

4.2.3 N *surplus*

4.2.3.1 Distribuição espacial do N *surplus*

A Figura 28 mostra a distribuição espacial, ao nível dos concelhos, do N *surplus* para os três anos de cálculo do BBN. De uma forma geral a Figura 28 mostra uma redução do N *surplus* ao longo do tempo em toda a zona vulnerável.

O Quadro 14 apresenta o N *surplus* por concelho e, na última linha, o valor médio para toda a ZVT ponderado pelas áreas dos concelhos. Constata-se que, ao nível da zona vulnerável, existe uma redução de 46% no N *surplus* entre 1989 e 2009, embora tenha sido a partir de 1999 que a variação foi maior.

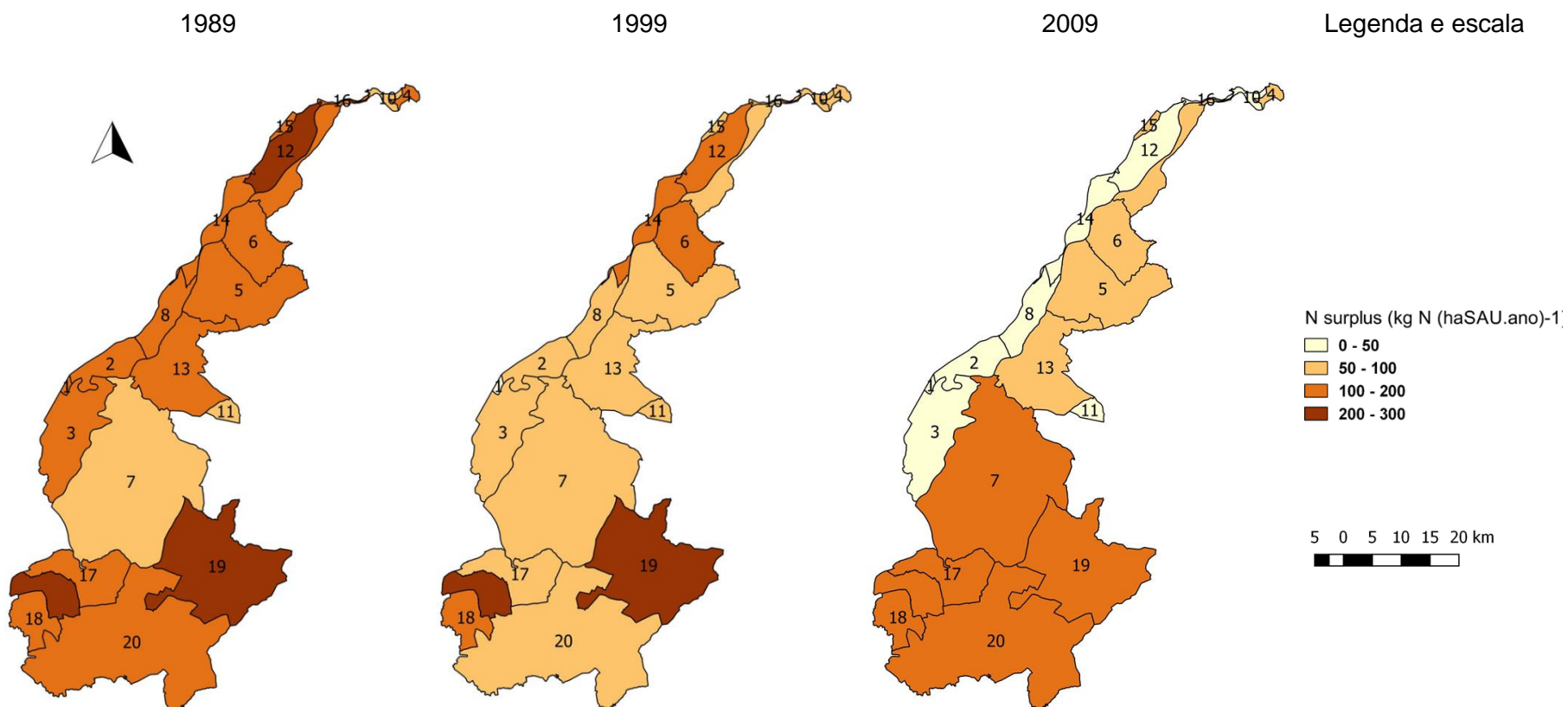


Figura 28 - Distribuição geográfica do N *surplus* para os três anos de cálculo do balanço bruto de azoto.

Esta redução foi devida à designação da Zona Vulnerável em 2004, quando passaram a ser aplicadas as medidas do Programa de Ação (PA) (Portaria 259/2012, de 28 de agosto), nomeadamente no cálculo dos planos de fertilização, e que resultaram num decréscimo acentuado do excedente de azoto no solo. No relatório da comunidade europeia (Erisman, 2011) e no Eurostat (2013), o *N surplus* apresentado para Portugal por unidade de SAU (ha) e por ano é de 42 kg. Este valor é mais baixo do que os 89 kg calculado para a ZVT para o ano de 2009. O valor calculado para o país engloba grande diversidade de sistemas agrícolas, com grande representatividade de sistemas extensivos de sequeiro e com reduzidas aplicações de fertilizantes. Portanto, o *N surplus* produzido principalmente nos sistemas mais intensivos que ocupam uma área menor, é dividido pela totalidade da SAU. No entanto, segundo o mesmo documento, países tais como Holanda e Dinamarca (Dalgaard et al., 2014) cujas zonas vulneráveis englobam a totalidade do território, apresentam *N surplus* semelhantes aos valores obtidos neste trabalho para a ZVT.

Quadro 14 – *N surplus* (kg N (ha SAU)⁻¹ ano⁻¹) por concelho da ZVT

Concelhos	1989	1999	2009	Variação (1989-2009) (%)
Abrantes	137	94	56	-59
Alcochete	166	75	109	-34
Alenquer	124	43	34	-73
Almeirim	129	83	58	-55
Alpiarça	183	125	52	-72
Azambuja	138	69	40	-71
Benavente	93	57	108	16
Cartaxo	132	73	46	-65
Chamusca	121	71	62	-49
Constância	79	84	37	-53
Coruche	83	63	41	-50
Golegã	205	138	41	-80
Moita	117	170	159	35
Montijo	244	239	162	-34
Palmela	121	96	103	-15
Salvaterra de Magos	102	59	60	-41
Santarém	148	112	47	-68
Torres Novas	126	65	61	-51
Vila Franca de Xira	149	65	29	-80
Vila Nova da Barquinha	116	94	33	-71
Total ZVT	133	98	89	-33

A variação do *N surplus* ao longo de período em estudo é negativa em 91 % dos concelhos. A grande maioria dos concelhos apresentam, em relação a 2009, uma redução da produção de excedente de azoto superior a 50% do seu valor inicial.

Identificaram-se os seis concelhos com maior e menor *N surplus* por SAU e por ano, de modo a identificar características comuns a cada grupo (Quadro 15). Verifica-se que o concelho do Montijo manteve-se no grupo dos maiores valores de *N surplus* ao longo dos três anos. Alguns concelhos, tais como Alcochete, Alpiarça e Palmela saíram do grupo dos seis maiores valores de *N surplus*, tendo passado para o grupo intermédio. Cartaxo, Azambuja e Santarém passaram do grupo intermédio para o grupo dos seis maiores produtores de *N surplus*. Salienta-se o caso da Golegã, que apresentou nos anos de 1989 e 1999 o segundo e terceiro maior valor de *N surplus*, e em 2009 passa a ocupar um lugar do grupo dos concelhos com menor *N surplus*; exemplo oposto é o concelho de Benavente e Moita, que em 1989 integravam o grupo com menor *N surplus* e em 2009 passaram a incluir o grupo com maiores valores.

Quadro 15 – Concelhos com maiores e menores valores de *N surplus*

Maiores valores de <i>N surplus</i>			Menores valores de <i>N surplus</i>		
1989	1999	2009	1989	1999	2009
Montijo	Montijo	Montijo	Constância	Alenquer	Vila Franca de Xira
Golegã	Moita	Moita	Coruche	Benavente	Vila Nova da Barquinha
Alpiarça	Golegã	Alcochete	Benavente	Salvaterra de Magos	Alenquer
Alcochete	Alpiarça	Benavente	Salvaterra de Magos	Coruche	Constância
Vila Franca de Xira	Santarém	Palmela	Vila Nova da Barquinha	Vila Franca de Xira	Azambuja
Santarém	Palmela	Chamusca	Moita	Torres Novas	Golegã

4.2.3.2 Discussão da relação entre *N surplus*, área agrícola e ocupação agrícola e pecuária

Para estudar a dinâmica do *N surplus*, analisaram-se diversos fatores que conceptualmente com ela estarão relacionados, como é o caso da superfície agrícola utilizada, da cultura predominante e a da produção pecuária no concelho.

A Figura 29 mostra, ao nível da zona vulnerável, a evolução da SAU declarada para os três anos do BBN. O valor aumentou consideravelmente entre 1989 e 1999, tendo diminuído em 2009. Estas variações são importantes na medida em que influenciam o valor que se obtém para a quantidade de N por unidade de área (SAU).

Podem observar-se também o caso do Montijo, que transitou do grupo dos maiores para o dos menores produtores de *N surplus* onde a SAU apresentou um aumento significativo entre 1989 e 1999. Por exemplo, no concelho do Montijo, o aumento da SAU de 8 666 hectares para 13 184 hectares, teve como implicação um decréscimo da taxa de aplicação de N no efluente pecuário para a mesma quantidade de efluente produzido (kg N ano⁻¹).

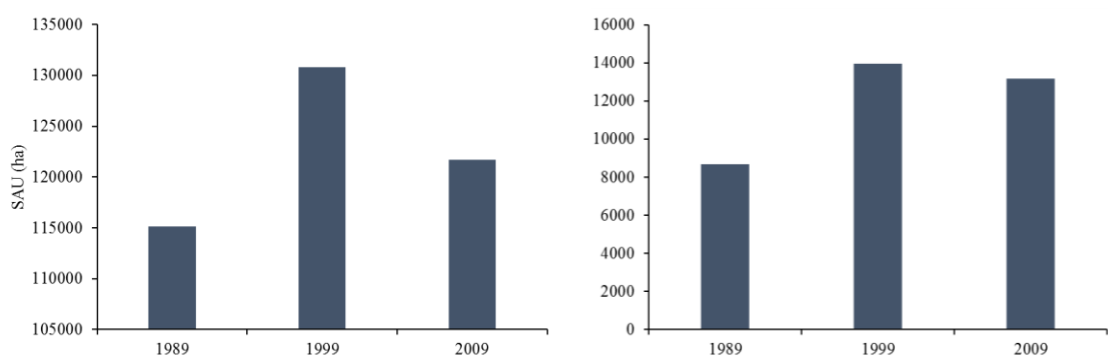


Figura 29 – Evolução da superfície agrícola utilizada entre 1989 e 2009: a) na ZVT; b) no concelho do Montijo.

A Figura 30 mostra a ocupação agrícola para alguns concelhos. No concelho do Montijo, a ocupação cultural sofreu uma evolução no sentido da diminuição da área ocupada por hortícolas – horto industriais e forragens, acompanhada por um aumento na área de leguminosas e prados, o que pode, em parte, explicar a redução no *N surplus*.

No concelho de Benavente, o aumento do *N surplus* entre 1999 e 2009 não está diretamente relacionado com a ocupação cultural, uma vez que esta se manteve relativamente constante.

Em Alpiarça a ocupação da SAU em 1989 é predominantemente de culturas hortícolas – horto industriais e (16%) e vinha (41%). Um aumento na área de prados permanentes (34%) ocorreu no ano seguinte, acompanhada por uma diminuição na da cultura da vinha (22%), justificando a diminuição do *N surplus*. No entanto, em 2009 a ocupação de solo era predominantemente de hortícolas – horto industriais (29%), vinhas (29%) e milho-grão (12%) e apesar disso o *N surplus* diminuiu em 55 %. Isto demonstra a influencia da aplicação do PA na redução do excesso de N, mesmo quando aumenta a área das culturas mais intensivas.

Na Moita, o *N surplus* aumentou 26 % entre 1989 e 1999. Cerca de 57 % e 21 % da SAU era, em 1989, ocupada por culturas forrageiras e hortícolas – horto industriais, respetivamente. Em 1999, as áreas passaram a ser 61 % e 14%. Logo, o aumento do *N surplus* não é explicado pela ocupação cultural. Em 2009 houve um aumento de área de leguminosas e prados permanentes (37%), o que, em conjunto com a aplicação do PA, contribuiu para a redução do *N surplus*, mas não suficiente para a saída dos maiores produtores.

Relativamente aos concelhos com menor valor de *N surplus*, Montemor-O-Novo apresenta uma ocupação da SAU predominantemente com leguminosas e prados permanentes, atingindo 85% em 2009. Chamusca apresentava em 1989 uma ocupação diversificada. Em 1999 e 2009 leguminosas e prados permanentes ganham importância, ocupando 37% e 53%, da área, respetivamente.

Regra geral, os concelhos com maior *N surplus* apresentaram uma ocupação cultural onde predominam o milho-grão e as hortícolas – horto industriais, enquanto nos concelhos com menor *N surplus* predominam as leguminosas e os prados permanentes e as forragens. Estes resultados são coerentes, dado que o milho-grão e as hortícolas em geral são aquelas onde o agricultor aplica maior quantidade de N, dado o seu maior retorno económico.

A produção pecuária, através da produção de efluente e de N nele contido, influencia o balanço de N. Benavente e Cartaxo apresentam, ao longo do período em estudo, um aumento do N associado à aplicação de efluente pecuário, ocupando, em conjunto com a Moita os primeiros lugares no ano de 2009 (Figura 24c)). Na Figura 24 observa-se um pico de aplicação de efluentes no concelho de Alcochete no ano de 2009. No caso dos concelhos de Palmela (1989) e do Cartaxo (2009), o *N surplus* está associado principalmente com uma grande quantidade de N aplicado através do efluente pecuário, que por sua vez se relaciona com a quantidade de animais existentes no concelho.

Salienta-se ainda o caso do concelho de Alpiarça, onde a água de rega contribui, em média, com $75 \text{ kg N (ha SAU)}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o *N surplus*. Neste concelho, as concentrações de nitratos nas águas subterrâneas utilizadas para a rega foram de 87, 87 e 73 mg L^{-1} para os anos de 1989, 1999 e 2009, respetivamente.

Por fim, há que ter em conta que o resultado final do BBN resulta da interação destes fatores. Como exemplos de interações concomitantes pode-se referir o concelho do Montijo onde a SAU aumentou entre 1989 e 1999, verificando-se uma redução ligeira em 2009. Por seu lado, a produção de efluente pecuário decresceu e a área de pastos aumentou significativamente. A conjugação destes três fatores levaram à maior redução de *N surplus* da ZVT. Também o concelho de Benavente mostra interação concomitante de fatores, mas no sentido do aumento do *N surplus*. Em 1999 é dos concelhos com menores valores de produção de efluentes pecuários (Figura 24b)) e em 2009 com maiores valores, apresentou para as mesmas datas um decréscimo da SAU.

Como exemplo de interações antagónicas dos fatores refere-se o caso do concelho da Moita já exposto anteriormente.

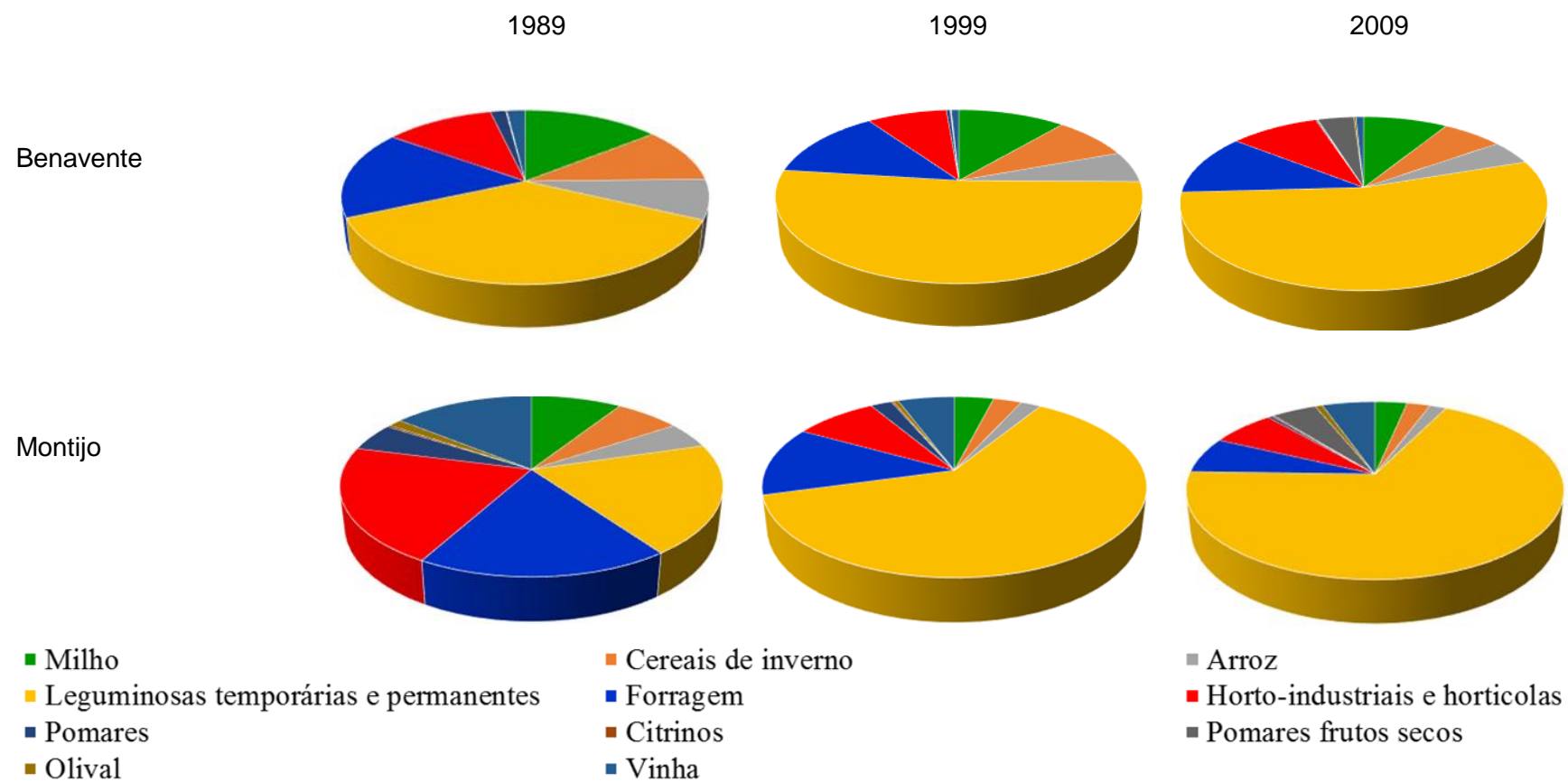


Figura 30 – Evolução das áreas das culturas nos concelhos com maiores variações de *N surplus*: Benavente (+ 14%) e Montijo (-93%).

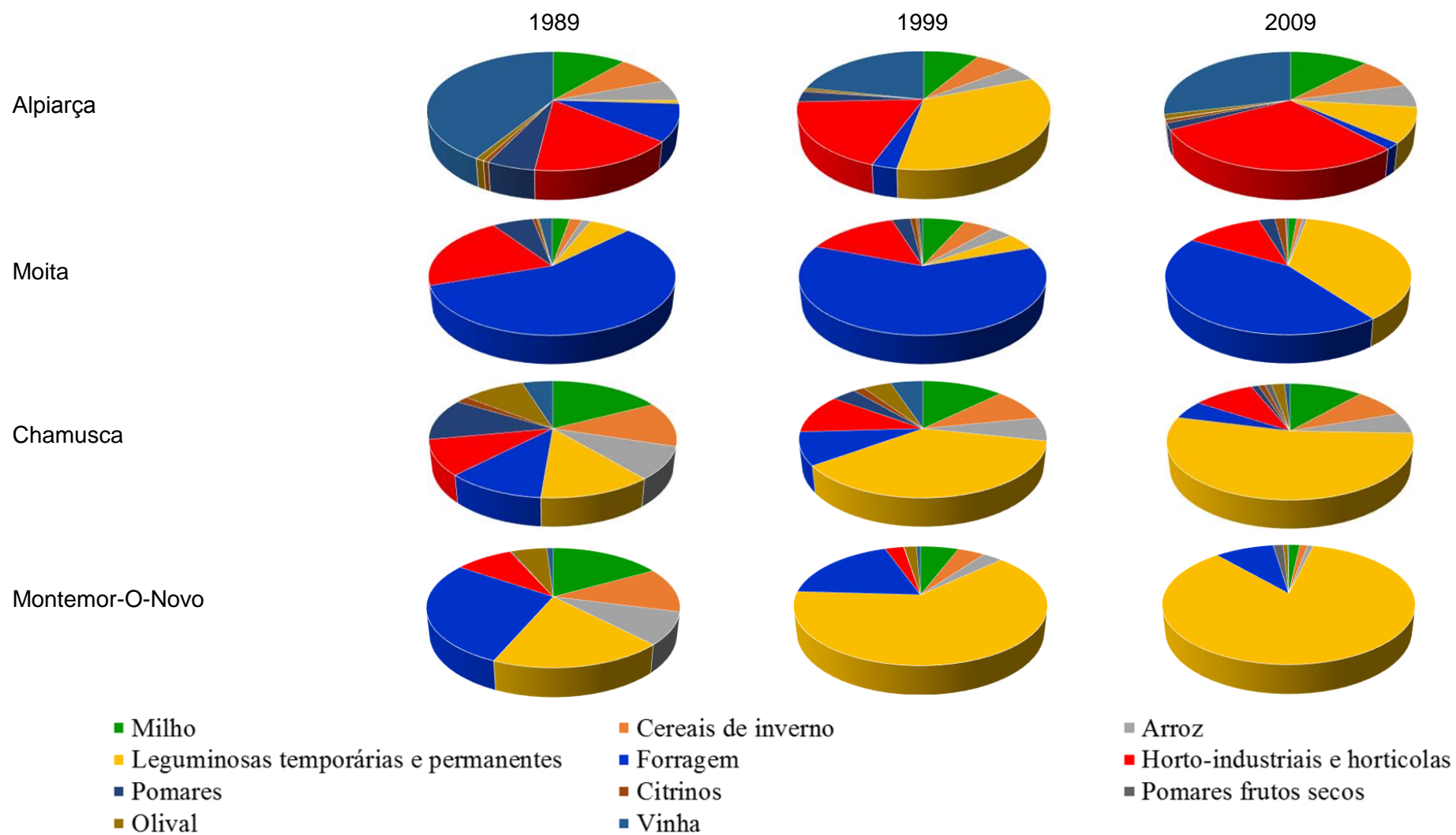


Figura 31 – Evolução da ocupação cultural em alguns concelhos da ZVT.

4.3 Avaliação do risco de contaminação da água subterrânea com NO₃-

4.3.1 Risco associado ao solo

O Quadro 16 apresenta a distribuição percentual das classes de permeabilidade de solo na ZVT. Aproximadamente metade dos solos existentes pertence à classe 1, ou seja, são muito permeáveis. O risco associado à permeabilidade do solo I_s é, por isso, elevado (6).

Quadro 16 – Categorização dos solos, ao nível da Sub-Ordem, quanto à permeabilidade, sua distribuição percentual na ZVT e índice de risco associado

Classe de permeabilidade	Sub-Ordem de solos	Área total (%)	Índice de risco
1	Litossolos, Podzóis, Calcários Vermelhos e Regossolos	48,85	6
2	Calcários Pardos, Hidromórficos c/ Horizonte Eluvial e Mediterrâneos Vermelhos/Amarelos	4,11	5
3	Aluviosolos, Litólicos não Húmicos, Turfosos, Mediterrâneos Pardos e Solos de Baixas	25,81	4
4	Hidromórficos s/ Horizonte Eluvial e Salinos	14,96	3
5	Barros Pretos e Barros Castanho-Avermelhados	0,08	2
6	Áreas Sociais	6,2	1

A Figura 32 mostra a distribuição espacial dos índices de risco associados ao solo, I_s . Verifica-se que é a na zona Sudeste da ZVT, correspondente à região de Palmela, que o I_s é maior, onde predominam os podzóis.

O menor I_s está associado aos solos salinos e aos aluviosolos, distribuindo-se ao longo das margens do rio Tejo. As restantes regiões apresentam índices intermédios de risco associados à permeabilidade do solo.

Nas zonas de maior I_s a velocidade com que a água e o nitrato atravessam a zona não saturada poderá originar a rápida chegada do ião às águas subterrâneas.

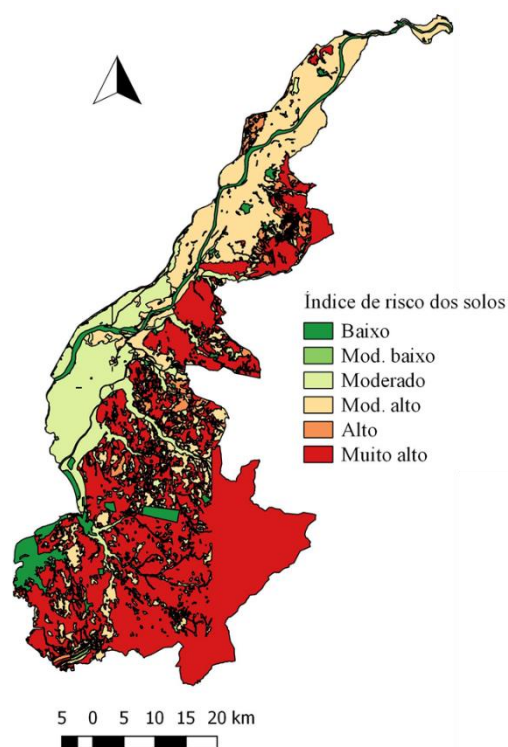


Figura 32 - Mapa do risco associado à permeabilidade dos solos.

4.3.2 Risco associado à TF

A Figura 33 apresenta um mapa do risco associado à profundidade da toalha freática, I_{TF} .

O índice máximo de risco correspondente ao intervalo de profundidades 0 a 5 metros, só se verifica nos concelhos da Golegã (12) e Torres Novas (15), na região Norte da ZVT.

Os valores mais baixos do índice verificam-se na região Sul, nos concelhos de Palmela (20), Montijo (19) e Moita (18). Nas áreas onde há sobreposição dos dois aquíferos, o risco é dado pelo aquífero mais à superfície, ou seja, os Aluviões. Nestes casos não faz sentido calcular o índice de risco do aquífero ME/MD, uma vez que a chegada dos nitratos ao mesmo não é direta, estando dependente do aquífero por cima e da permeabilidade do Aquitardo que os separa.

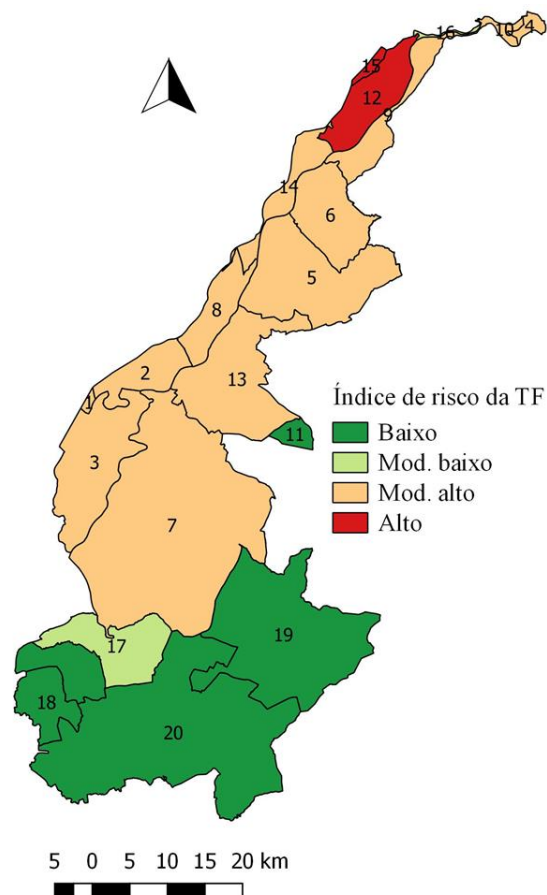


Figura 33 – Mapa de risco da profundidade da toalha freática.

4.3.3 Risco associado ao $N_{surplus}$

Para o índice de risco associado ao excesso de N, foram gerados três mapas, uma para cada ano de cálculo do BBN. O $N_{surplus}$ foi categorizado em quatro classes, que por sua vez foram associadas a diferentes índices de risco (Quadro 17).

Quadro 17 - Índice de risco associado ao $N_{surplus}$

Índices de risco	$N_{surplus}$ (kg ano ⁻¹ (haSAU ⁻¹))
1	[0;50]
2]50;100]
3]100;200]
4]200;300]

Observando a Figura 34 observa-se uma tendência de diminuição do risco associado ao excesso de N entre 1989 e 2009, o que já era de esperar após análise dos resultados do BBN (*vide* 4.2.3).

4.3.4 Risco global

O índice de risco global, I_G , integra os três índices de risco apresentados (*vide* 3.4.4). A Figura 35 mostra que existem, nos três anos considerados, vários concelhos com risco global alto. No entanto, o número de concelhos nesta situação diminuiu ao longo do período em estudo.

No ano de 1989, havia sete concelhos com alto índice de risco global, apresentando os restante concelhos, um índice moderadamente alto. Observa-se que em 1999 surgiram dois concelhos com I_G moderado, tendo o número aumentado para oito concelhos em 2009. Neste ano, observa-se o aparecimento de um concelho com valor de I_G moderadamente baixo. O I_G diminuiu em todos os concelhos excetuando o Cartaxo, onde aumentou, e Azambuja, Santarém, Almeirim e Benavente onde se manteve ao longo do período.

4.4 Nitratos na rede de monitorização

4.4.1 Análise geral

Uma vez que se pretende estudar a relação das concentrações de nitratos nas águas subterrâneas com o N *surplus*, interessa saber, para os mesmos anos do balanço, quais as concentrações de NO_3^- medidas nos poços de monitorização.

O Quadro 18 mostra as principais estatísticas das $[\text{NO}_3^-]$ na água subterrânea da ZVT. O Quadro 19 apresenta as percentagens de poços que apresentaram, pelo menos uma vez, um valor máximo nas classes 0 - 50 mg L^{-1} , 50 – 100 mg L^{-1} e > 100 mg L^{-1} .

Quadro 18 – Estatísticas das concentrações de nitratos $[\text{NO}_3^-]$ nos diferentes aquíferos

Aquíferos	$[\text{NO}_3^-]$ (mg L^{-1})					Nº de registos
	Mínimo	Média	Máximo	Mediana	DP	
Aluviões do Tejo	0,5	38,9	320	20,7	30,5	55
Margem E/D	0,2	14,4	250	2,5	14,1	43

Quadro 19 – Percentagem da distribuição dos poços por diferentes intervalos de concentrações de nitratos

Aquíferos	% poços com $[\text{NO}_3^-]$ entre		
	0 – 50	50 – 100	> 100
Aluviões do Tejo	45,5	21,8	32,7
Margem E/D	83,7	7	9,3

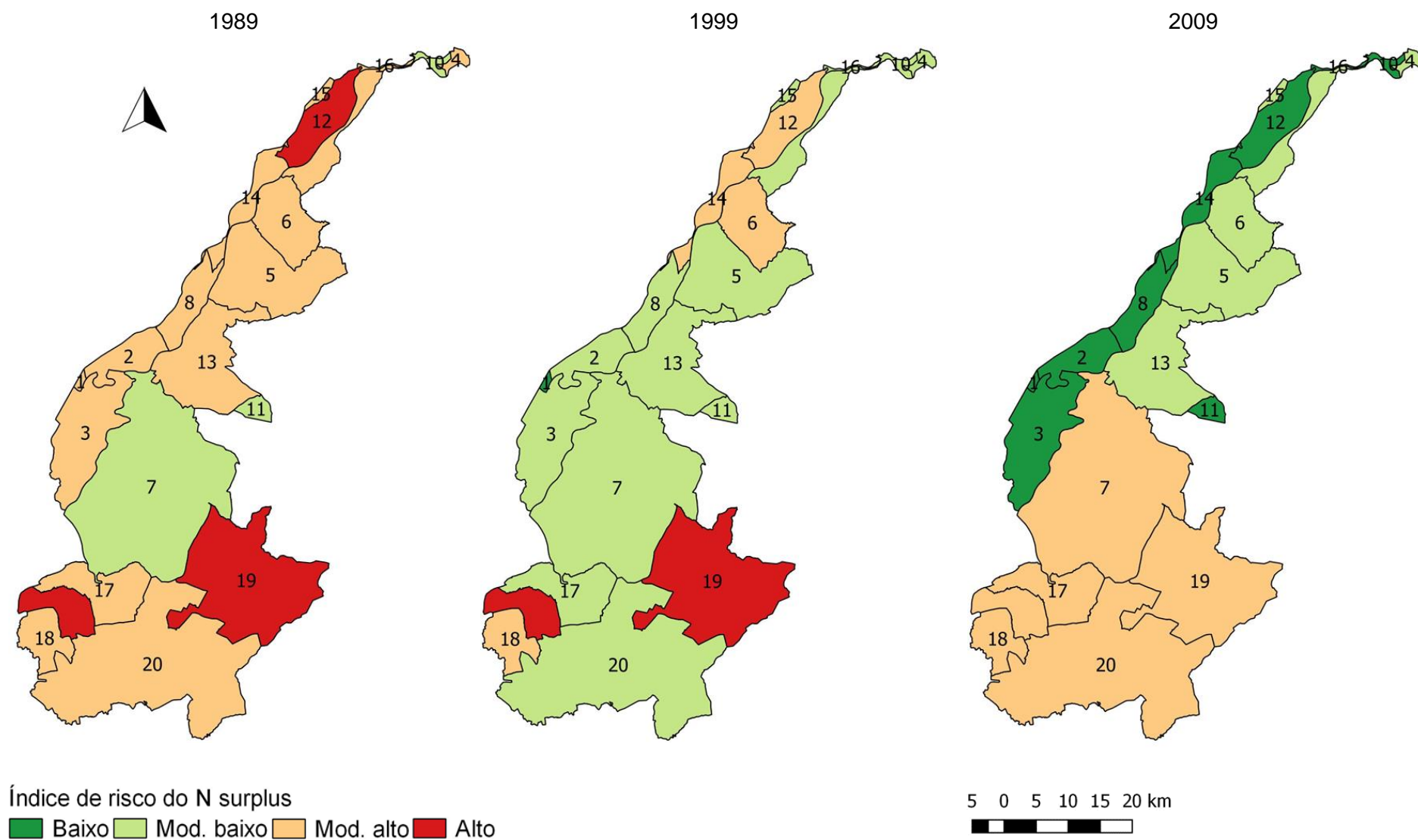


Figura 34 – Evolução temporal do índice de risco do excesso de N.

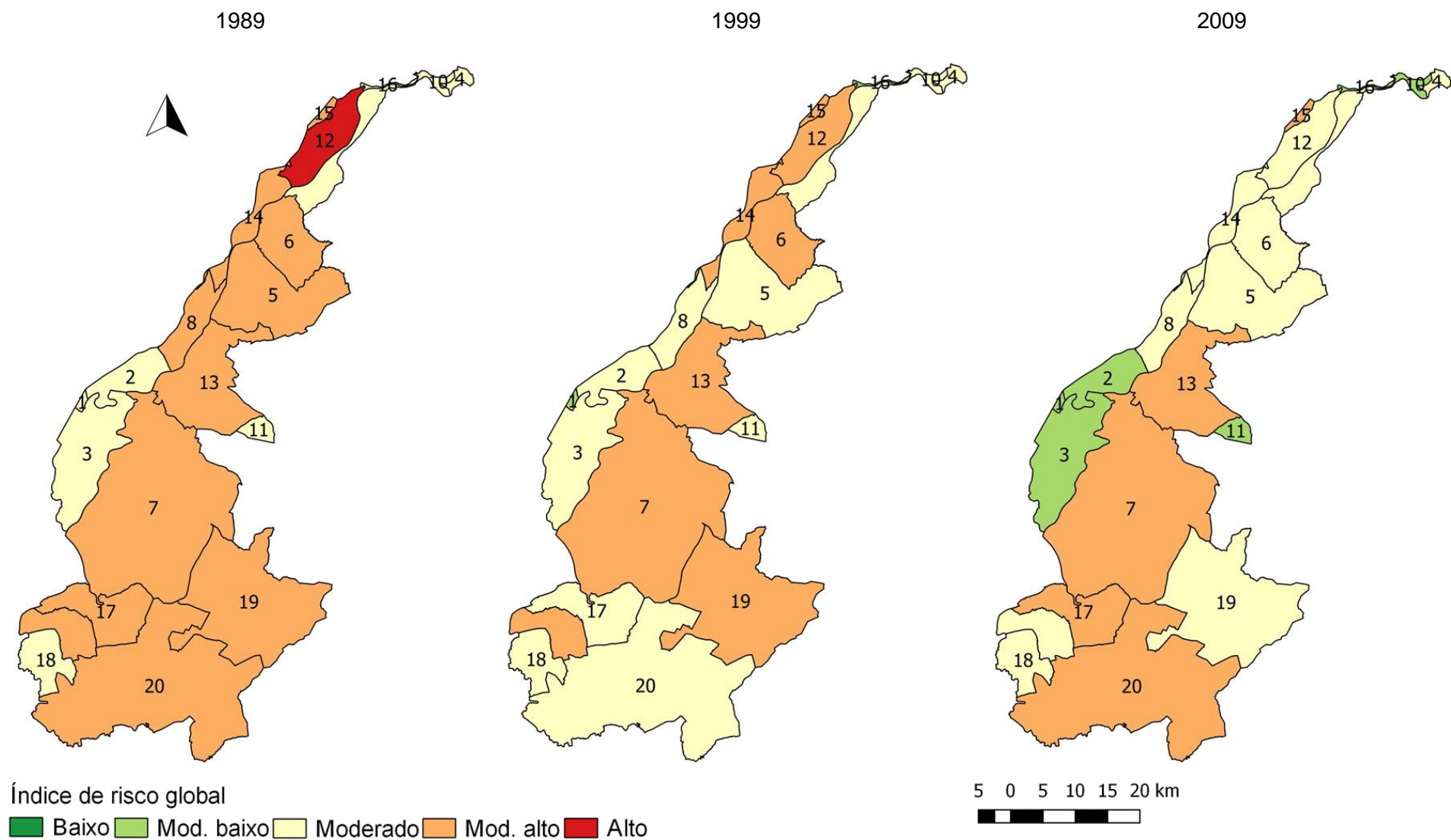


Figura 35 - Mapas do índice de risco global de contaminação das águas subterrâneas com nitratos de origem agrícola.

As maiores concentrações de nitratos ocorreram nos Aluviões do Tejo, sendo que o maior valor (320 mg L^{-1}) foi registado no Outono, após a colheita das culturas de primavera-verão. Neste aquífero, 54,5 % dos poços apresentaram pelo menos uma medição superior ao VMA de 50 mg L^{-1} .

O aquífero dos Aluviões do Tejo apresentam valores de concentração de nitratos com maior variabilidade comparativamente ao aquífero da Margem Esquerda/Direita, uma vez que o desvio padrão do primeiro é aproximadamente o dobro do segundo. Observando a mediana, é possível perceber que pelo menos metade dos valores de $[\text{NO}_3^-]$ registados no aquífero ME/MD e dos AT é inferior a $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ e $20,7 \text{ mg L}^{-1}$, respetivamente. A média neste exemplo pode não servir de grande indicador devido à distorção causada pelos valores extremos em ambos os aquíferos.

O aquífero semi-confinado da Margem Esquerda/Direita apresenta 16,3% dos poços com medições superiores ao VMA, tendo sido de 250 mg L^{-1} o valor máximo apresentado. Neste aquífero os valores máximos foram registados na primavera, o que significa que foi necessária a precipitação do período Outono-Inverno para promover a lixiviação do nitrato para as camadas mais profundas a que se encontra este aquífero. O Anexo X apresenta de modo detalhado estas estatísticas por poço e por época de medição.

4.4.2 Distribuição geográfica do N na água subterrânea

A Figura 36a) apresenta a distribuição dos poços de monitorização da qualidade da água, por aquífero. Os poços de monitorização nos Aluviões do Tejo (amarelo) prefazem um conjunto de 55 poços. A verde e a vermelho identificam-se os poços de monitorização dos aquíferos mais profundos da Margem Direita e da Margem Esquerda, com um conjunto de 6 e 39 poços, respetivamente. Existem alguns locais da ZVT que possuem uma má cobertura de poços de medição de nitratos (concelhos de Vila Franca de Xira e Azambuja), enquanto que noutros locais existe uma elevada densidade (concelho da Golegã).

Uma vez categorizados estes poços em SIG, segundo o seu valor mais alto registado em toda a série temporal, obteve-se a Figura 36b). Num total de 100 poços de medição de qualidade existentes na ZVT, 37 já registaram pelo menos um valor superior a 50 mg L^{-1} , isto é, superior ao VMA imposto para as zonas vulneráveis. O poço 365/AG18 é o que apresenta o maior valor nitratos já medido em toda a ZVT (650 mg L^{-1} a 22/10/2008), estando localizado na freguesia de Fazendas de Almeirim, do concelho Almeirim, que se verificou que se localiza na proximidade de uma nitreira, influenciando bastante os valores de medição. No entanto, este poço apresenta registos apenas para o período de 2006 a 2008, tendo sido desativado. Ocupando o segundo lugar com a medição mais elevada está o poço 341/269 com um valor máximo medido de 320 mg L^{-1} , na época de Outubro, situado na freguesia Azinhaga do

concelho Golegã. Este poço também foi desativado, não sendo possível observar a evolução da sua concentração de NO_3^- .

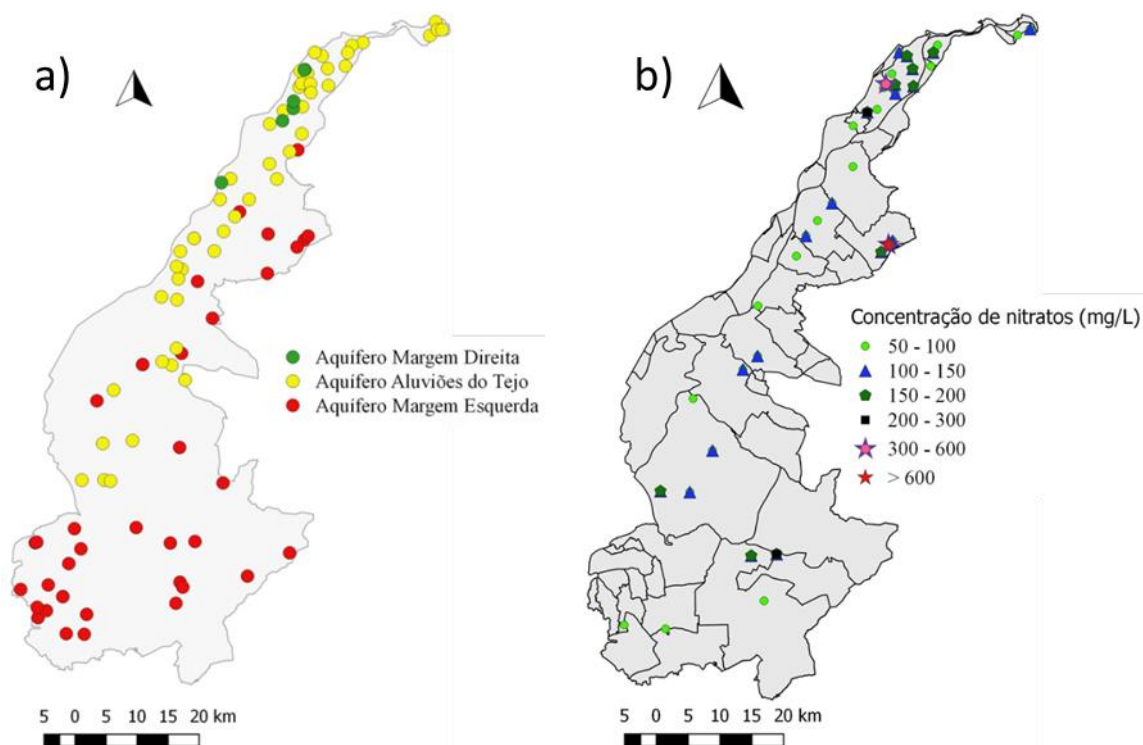


Figura 36 – a) Mapa com poços de qualidade dos diferentes aquíferos; b) Distribuição geográfica das concentrações de $\text{NO}_3^- > 50 \text{ mg L}^{-1}$ nas águas subterrâneas.

Uma vez que os registos da rede de monitorização da qualidade das águas subterrâneas existem a partir de 2000, não foi possível apresentar os mapas correspondentes para os anos do BBN de 1989 e 1999. No entanto, para além do mapa para o ano do BBN de 2009, apresenta-se também para o ano de 2015, isto é, para a data mais recente para a qual existem valores registados.

A Figura 37 mostra que, em 2009, a região onde se registou maiores valores de contaminação por nitratos foi a região norte, embora se observem alguns poços com valores superiores ao VMA nos concelhos mais a sul. Os poços que apresentaram valores mais elevados ($> 100 \text{ mg L}^{-1}$) foram: 341/253, 342/113 e 342/114 no concelho da Golegã; o poço 365/AG25 no concelho de Almeirim; e os poços 391/AG14, 418/AG49 e 419/AG3 no concelho de Benavente. Os poços que contêm valores entre $50 - 100 \text{ mg L}^{-1}$ localizam-se nos concelhos de Abrantes (2 poços); Golegã (3 poços); Torres Novas (1 poço); Alpiarça (1 poço) e Almeirim (2 poços). A maioria dos poços que apresentam valores de nitratos superiores a 50 mg L^{-1} , pertencem aos Aluviões do Tejo, à exceção de quatro poços que pertencem ao aquífero da Margem Esquerda.

Em 2015, a região norte da ZVT permanece a zona com maior contaminação por nitratos, no entanto, há uma melhoria dos valores de concentração de nitratos registados em alguns poços, nomeadamente no concelho de Benavente onde se deixou de registar poços com valores de $[\text{NO}_3^-]$ superiores a 100 mg L^{-1} . Os poços que apresentaram maiores concentrações ($> 100 \text{ mg L}^{-1}$) foram: 342/253, 342/114 e 342/115 no concelho da Golegã e o poço 365/AG25 no concelho de Almeirim. Os poços que contêm valores entre $50 - 100 \text{ mg L}^{-1}$ localizam-se nos concelhos de Abrantes (2 poços); Golegã (3 poços); Alpiarça (1 poço), Almeirim (3 poços) e Benavente (1 poço).

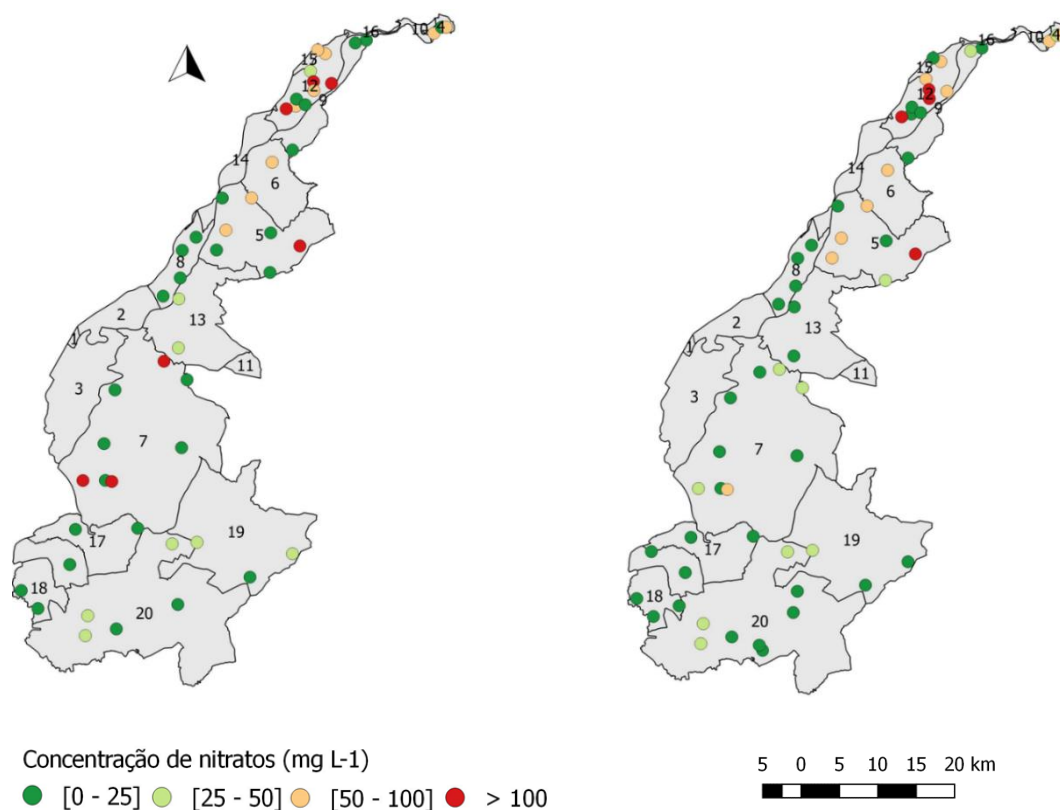


Figura 37– Distribuição geográfica das $[\text{NO}_3^-]$ mais elevadas observadas em 2009 e 2015.

4.5 Análise de tendências

4.5.1 Evolução temporal do N surplus na ZVT

De um modo geral, a evolução do N surplus foi de uma diminuição do excedente de N ao longo dos anos para quase todos os concelhos. Esta evolução é apresentada na Figura 38, onde se pode observar o decréscimo de N surplus ao nível da ZVT. Estes valores foram ponderados pelas respetivas áreas de SAU, originando um N surplus de 192, 152 e $104 \text{ kg (ha SAU)}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para 1989, 1999 e 2009, respetivamente.

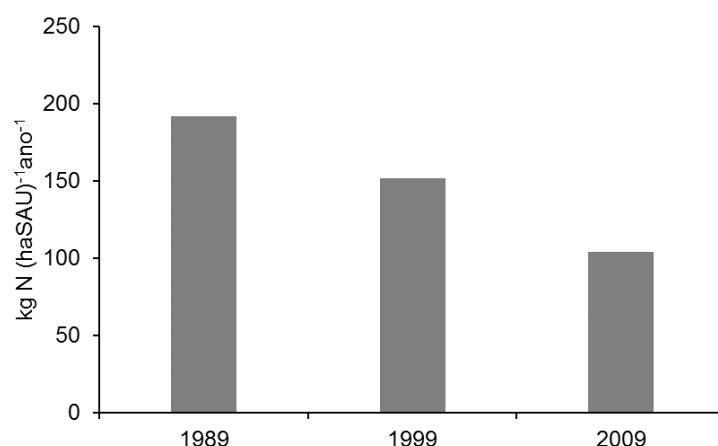


Figura 38 - Evolução temporal do N *surplus* para os concelhos pertencentes à ZVT.

4.5.2 Evolução temporal da concentração de NO_3^- nas águas subterrâneas

A evolução temporal da concentração de NO_3^- nas águas subterrâneas é difícil de analisar, uma vez que as séries de registos foram muitas vezes interrompidas ao longo do período de funcionamento de alguns poços de monitorização. A variabilidade dos valores medidos no mesmo ano deve-se à transição entre época seca e húmida, apresentando nitratos mais altos no final da época seca. Os gráficos das Figuras 39 e 40, apresentam todos os valores de $[\text{NO}_3^-]$ registados nos poços de monitorização agrupados de acordo com o valor máximo alguma vez registado em cada um e para cada um dos aquíferos principais da ZVT. Consideraram-se as classes de concentração: 0 – 50 mg L⁻¹, 50 – 100 mg L⁻¹ e > 100 mg L⁻¹.

Para os Aluviões do Tejo observa-se, para as concentrações mais elevadas, uma tendência decrescente das concentrações de NO_3^- (Figura 39c)). Para os outros grupos não se observa nenhuma tendência definida (Figura 39a) e b)).

No aquífero ME/MD, observa-se uma tendência crescente nos poços com valores de concentração máximos abaixo de 100 mg L⁻¹ (Figura 40a) e b)), embora o número de poços com concentrações 50 – 100 mg L⁻¹ não seja representativo. Nos poços com valores máximos de concentração superiores a 100 mg L⁻¹ observa-se uma diminuição lenta e gradual (Figura 40c)).

Selecionaram-se, em cada aquífero, alguns poços com tendências de aumento ou diminuição claras, apresentando-se as séries temporais de $[\text{NO}_3^-]$ nas seguintes figuras.

Afigura 41, Figura 42 e Figura 43 mostram as tendências de $[\text{NO}_3^-]$ nos Aluviões do Tejo em poços dos concelhos da Golegã, Abrantes e Benavente, respetivamente.

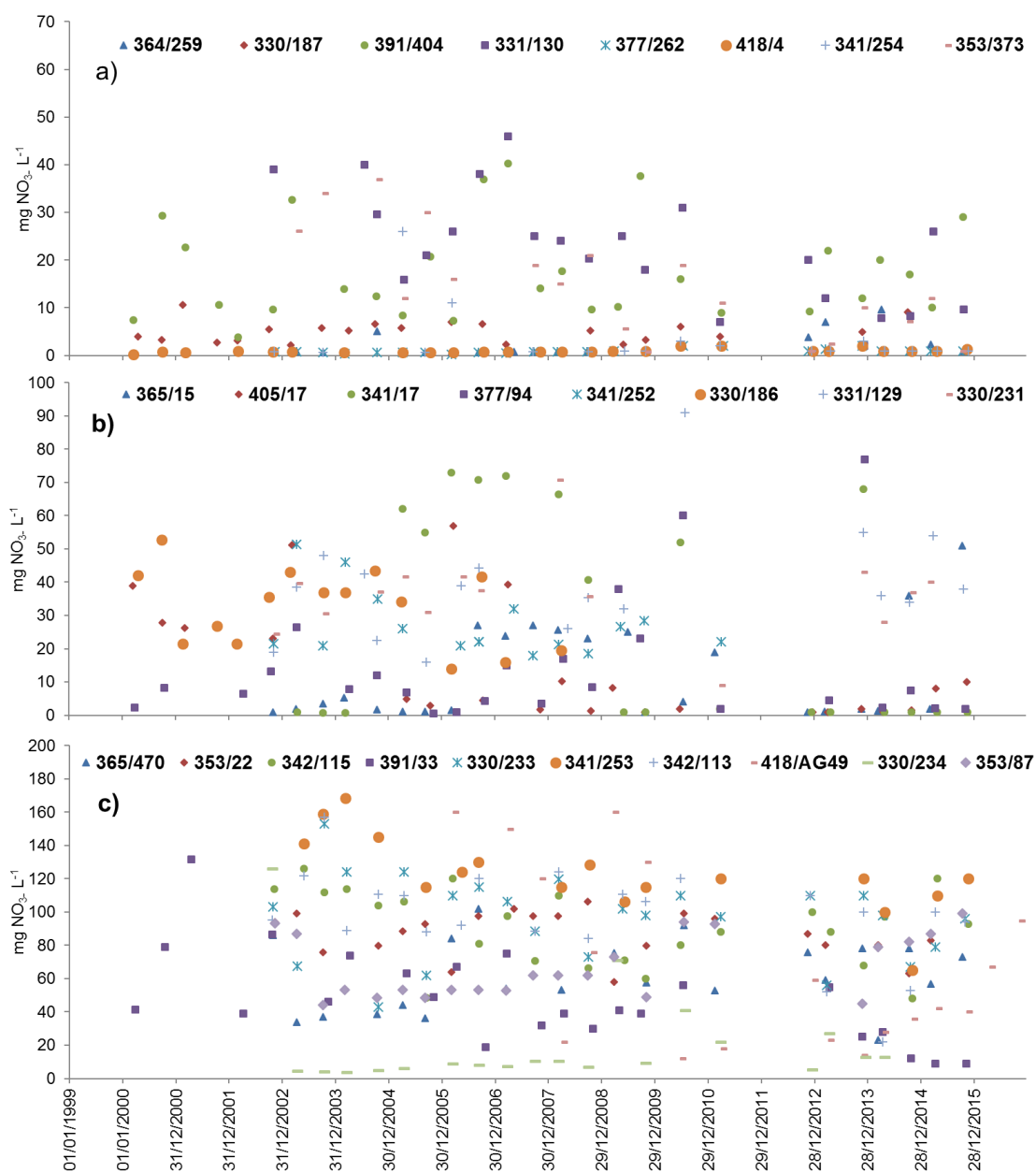


Figura 39 – Evolução temporal da concentração de NO_3^- nos poços da rede de monitorização do aquífero dos Aluviões do Tejo. Poços agrupados por valor máximo: a) menor que 50, b) entre 50 e 100, c) maior que 100 mg L^{-1} .

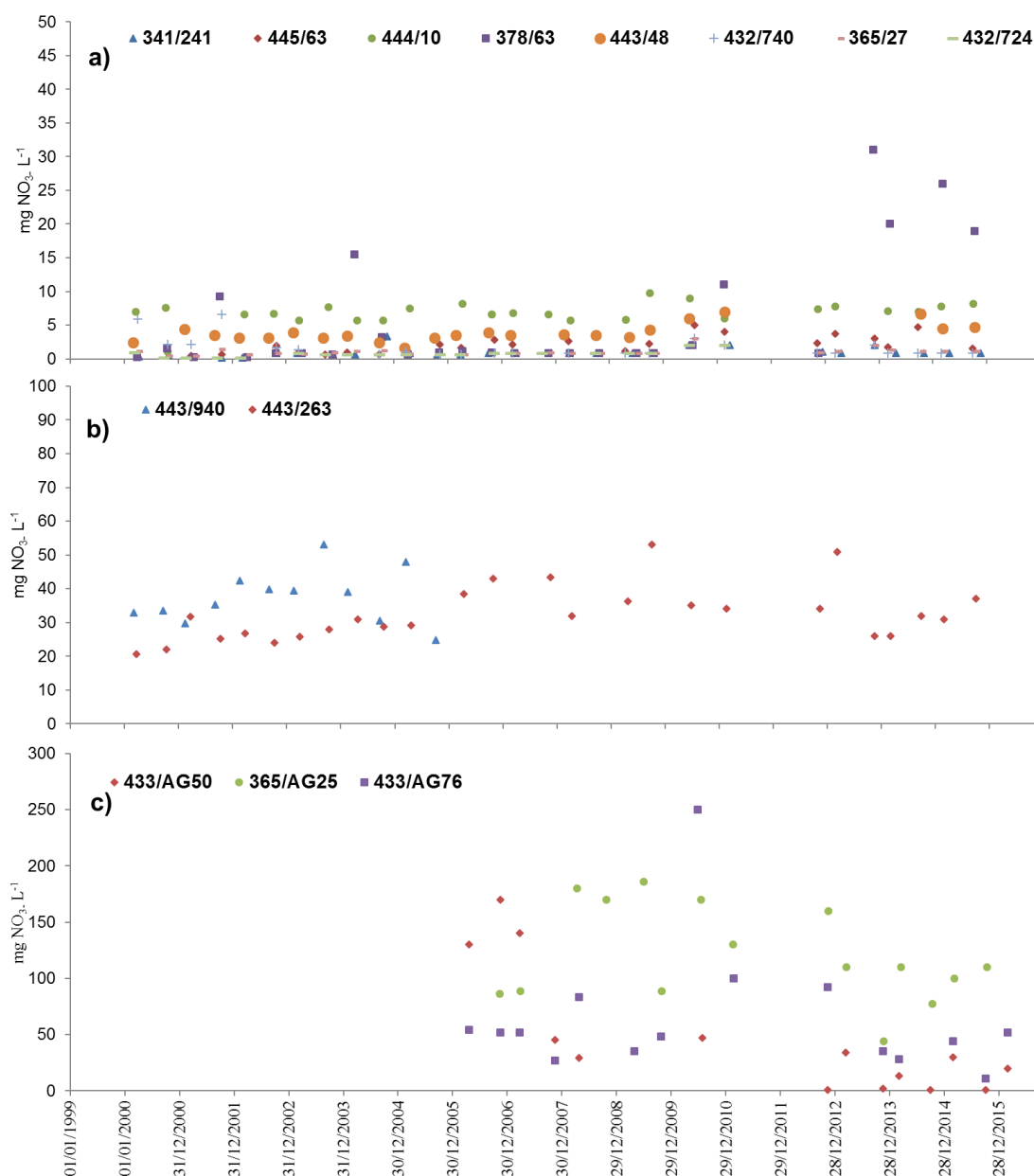


Figura 40 - Evolução temporal da concentração de NO_3^- dos poços da rede de monitorização da Margem Esquerda e Direita.

Para a região da Golegã, a Figura 41 mostra que, nos quatro poços, existe uma tendência negativa (r negativo), ou seja, os valores de $[\text{NO}_3^-]$ diminuem lentamente embora ainda sejam elevados e superiores ao VMA. Os restantes poços deste concelho, que não são aqui representados por apresentarem um baixo valor de r , mostram a mesma tendência.

Em Abrantes, todos os poços apresentaram $[\text{NO}_3^-]$ inferiores ao VMA. A tendência decrescente da concentração de nitratos está bem definida em três dos poços (331/130, 331/133, 331/1). O poço 331/127 ao contrário dos restantes, apresenta uma tendência crescente, sendo que o último valor medido foi no ano 2009, apresentando-se abaixo dos 50 mg L^{-1} (Figura 42).

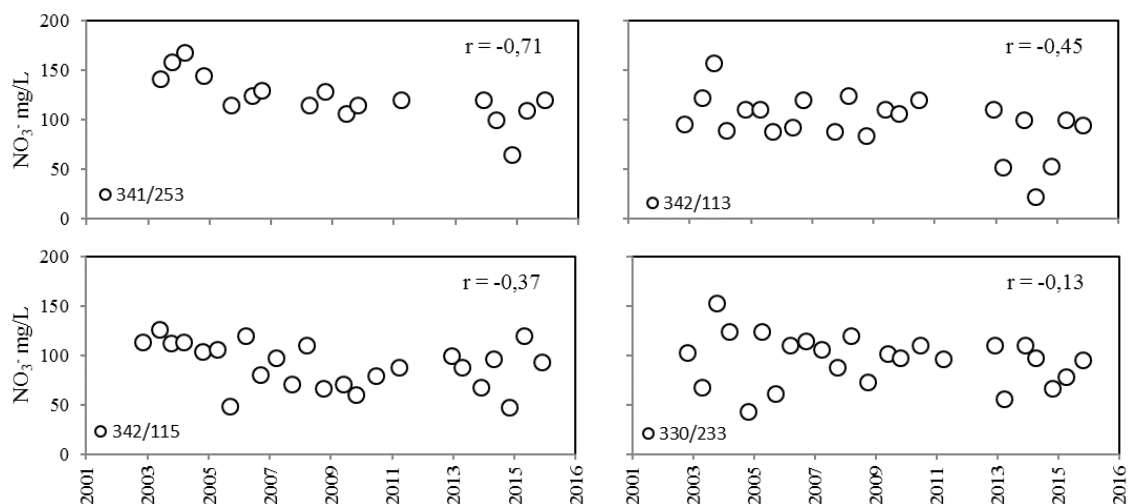


Figura 41 – Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização da água subterrânea do concelho da Golegã. Aluviões do Tejo.

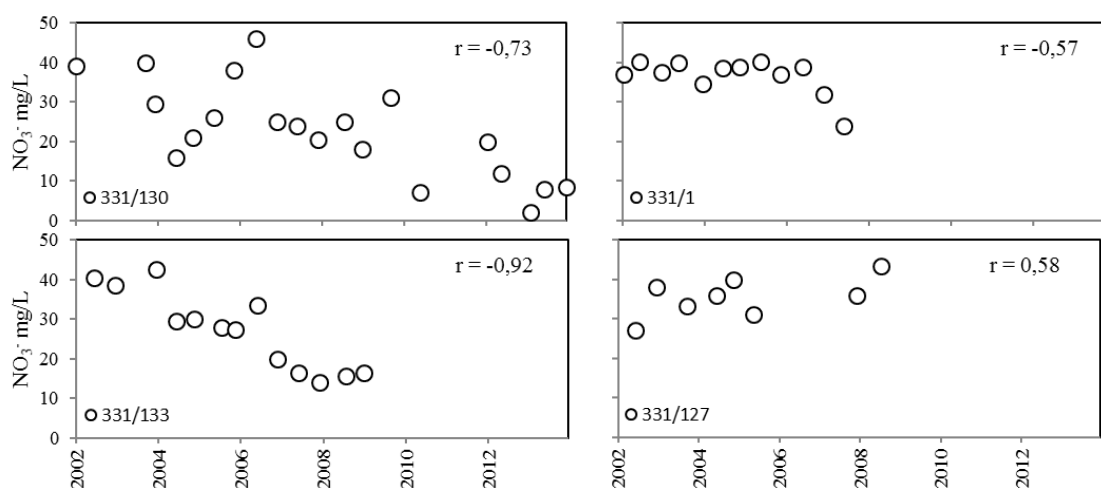


Figura 42- Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização da água subterrânea do concelho de Abrantes. Aluviões do Tejo.

A Figura 43 apresenta dados relativos ao concelho de Benavente. Neste concelho, observa-se também uma tendência decrescente, embora com evoluções distintas entre poços. Os poços 391/244, 391/404 e 391/AG14 apresentam valores de coeficiente de correlação muito baixos indicando uma grande variabilidade dos seus valores, não sendo possível identificar tendência na evolução ao longo do tempo.

A Figura 44 mostra as tendências de concentração dos nitratos nos concelhos de Almeirim e Salvaterra de Magos, que se situam na zona de sobreposição dos dois aquíferos, separados por uma camada relativamente permeável (*vide* Figura 4). Devido a isso, possuem poços que pertencem quer à rede de monitorização dos Aluviões do Tejo quer ao aquífero da ME. No concelho de Almeirim os poços pertencentes aos Aluviões do Tejo apresentam tendências opostas quanto à evolução temporal das concentrações de nitratos. Estes valores, continuam bastante elevados nos poços 365/470 e 353/22. O poço 365/15, apesar de apresentar uma

tendência negativa, apresentou no último ano de medição (Outubro de 2015) um valor máximo medido no poço de 51 mg L⁻¹, alertando para as práticas agrícolas ocorrentes naquela região. No aquífero da Margem Esquerda os poços 365/27 e 378/63 apresentam uma tendência crescente da concentração de nitratos, encontrando-se abaixo do VMA para a ZVT, o que indica que a contaminação do solo dada anteriormente por excesso de aplicação de fertilizantes, possa estar a chegar aos aquíferos de maiores profundidades. O poço 365/AG25, embora esteja ainda bastante contaminado (inicialmente na ordem dos 200 mg L⁻¹), apresenta uma tendência decrescente.

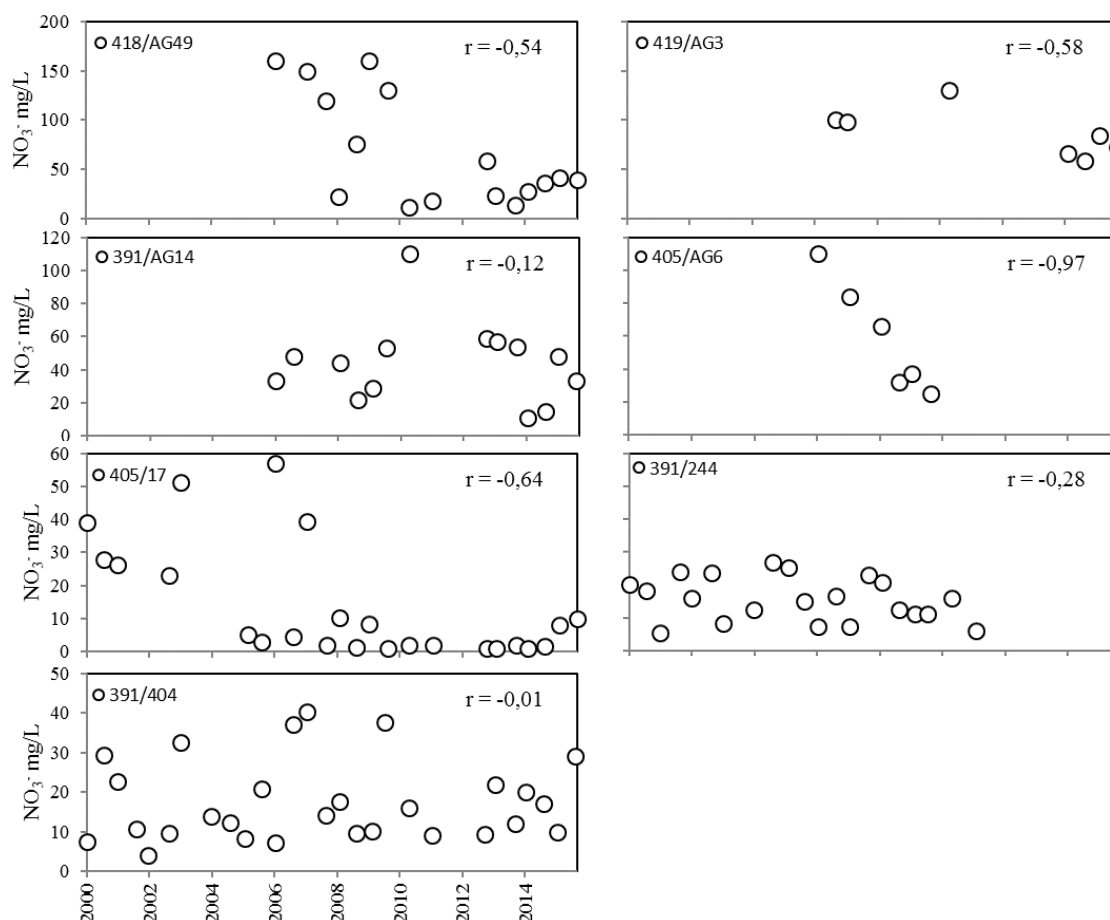


Figura 43 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização da água subterrânea do concelho de Benavente. Aluviões do Tejo.

Relativamente ao concelho de Salvaterra de Magos as tendências são decrescentes para os Aluviões do Tejo e crescentes para o aquífero da Margem Esquerda. O poço 391/33, pertencente aos Aluviões do Tejo, apresentava em 2001 uma concentração de 132 mg L⁻¹, melhorando bastante até atingir atualmente 9 mg L⁻¹, contrariamente o poço 377/236 (do aquífero da Margem Esquerda) apresentava em 2000 uma concentração de 0,6 mg L⁻¹, registando em 2010 uma subida para 10 mg L⁻¹.

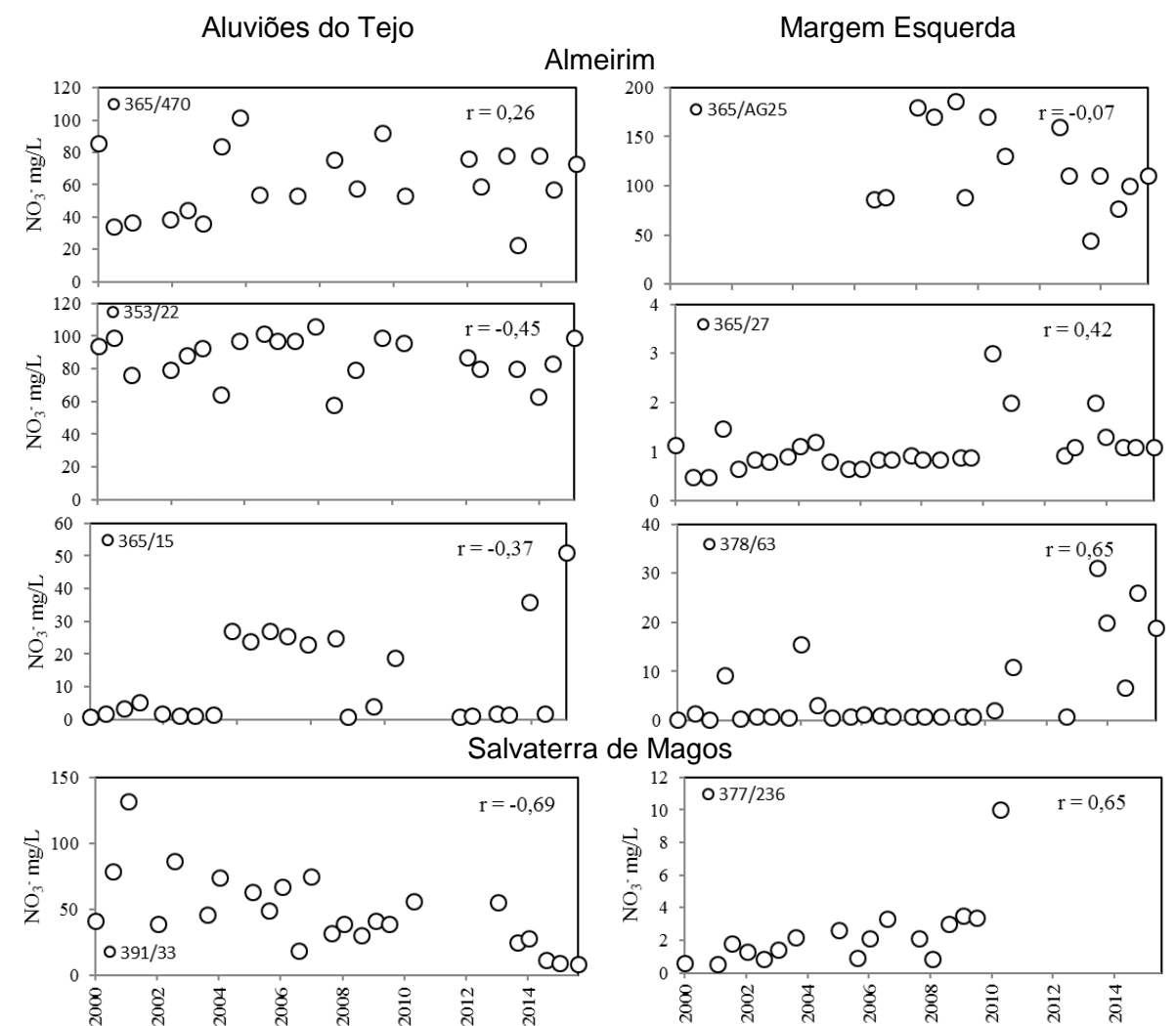


Figura 44 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização dos concelhos de Almeirim e Salvaterra de Magos. Aluviões do Tejo e Margem Esquerda.

O comportamento anteriormente descrito parece indicar que os nitratos inicialmente existentes no aquífero mais superficial (Aluviões do Tejo), estão ao longo do tempo a ser transportados pelo fluxo de água que atravessa o Aquitardo, contribuindo para a recarga do aquífero subjacente (ME/MD).

A Figura 45 mostra as tendências de evolução das concentrações de nitratos no concelho de Palmela, aquífero semi-confinado Margem Esquerda.

No concelho de Palmela, existem dois poços com tendência decrescente (433/AG50 e 443/46). Estes resultados são particularmente relevantes uma vez que o poço 433/AG50 inicialmente bastante contaminado, encontra-se atualmente dentro do VMA, enquanto que o poço 443/46, que no início da série apresentava uma tendência de aumento para valores próximos do VMA, baixou para cerca de 20 a 30 mg L⁻¹ o que poderá indicar que a implementação da ZVT está a conduzir a um desagravamento dos poços mais contaminados. Os restantes poços apresentados na Figura 45 mostram um coeficiente de correlação positivo,

apesar do grau de contaminação não ser elevado. Este facto pode indicar que no futuro os poços possam estar em risco de atingir o VMA, reforçando a importância da implementação das medidas do programa de ação da ZVT.

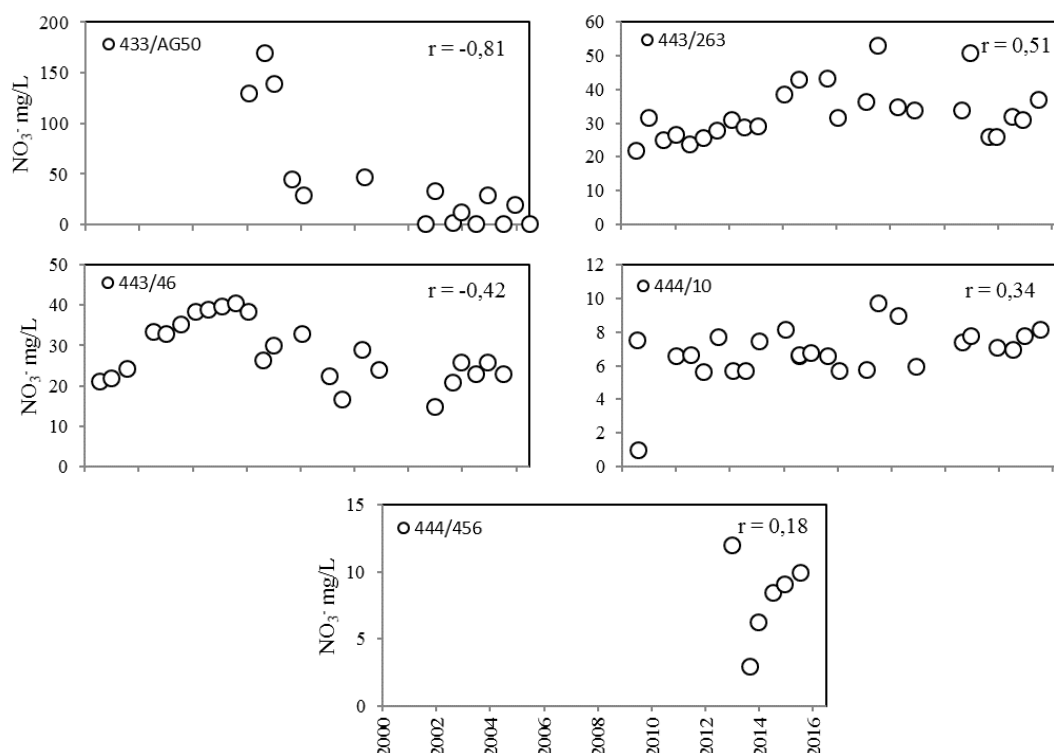


Figura 45 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização do concelho de Palmela. Margem Esquerda.

As tendências de evolução das concentrações de nitratos nos concelhos de Alcochete, Moita e Montijo (aquífero da Margem Esquerda) apresentam-se na Figura 46. Todos os poços pertencentes a estes concelhos registam $[\text{NO}_3^-]$ inferiores a 50 mg L^{-1} , à exceção do poço 433/AG76 situado em Montijo que apresentou valores superiores ao VMA. Os poços do concelho de Alcochete e o poço 443/920 relativo ao concelho da Moita apresentam uma tendência de subida da concentração de nitratos, embora lenta. Nos poços do Montijo e no poço 443/922 existe uma tendência decrescente, verificando-se uma rápida melhoria no poço 433/AG76, pertencente ao concelho de Montijo, apresentando valores finais abaixo do VMA.

Esta análise mais detalhada realizada para alguns poços mostra que, para além das magnitudes dos valores máximos registados, também as tendências temporais são distintas nos dois aquíferos. Relativamente aos poços pertencentes à rede de monitorização dos Aluviões do Tejo, a sua maioria apresenta uma tendência de redução na concentração de nitratos. O contrário verifica-se para a rede de monitorização da Margem Esquerda, que indica que a contaminação está a chegar a níveis mais profundos da toalha freática.

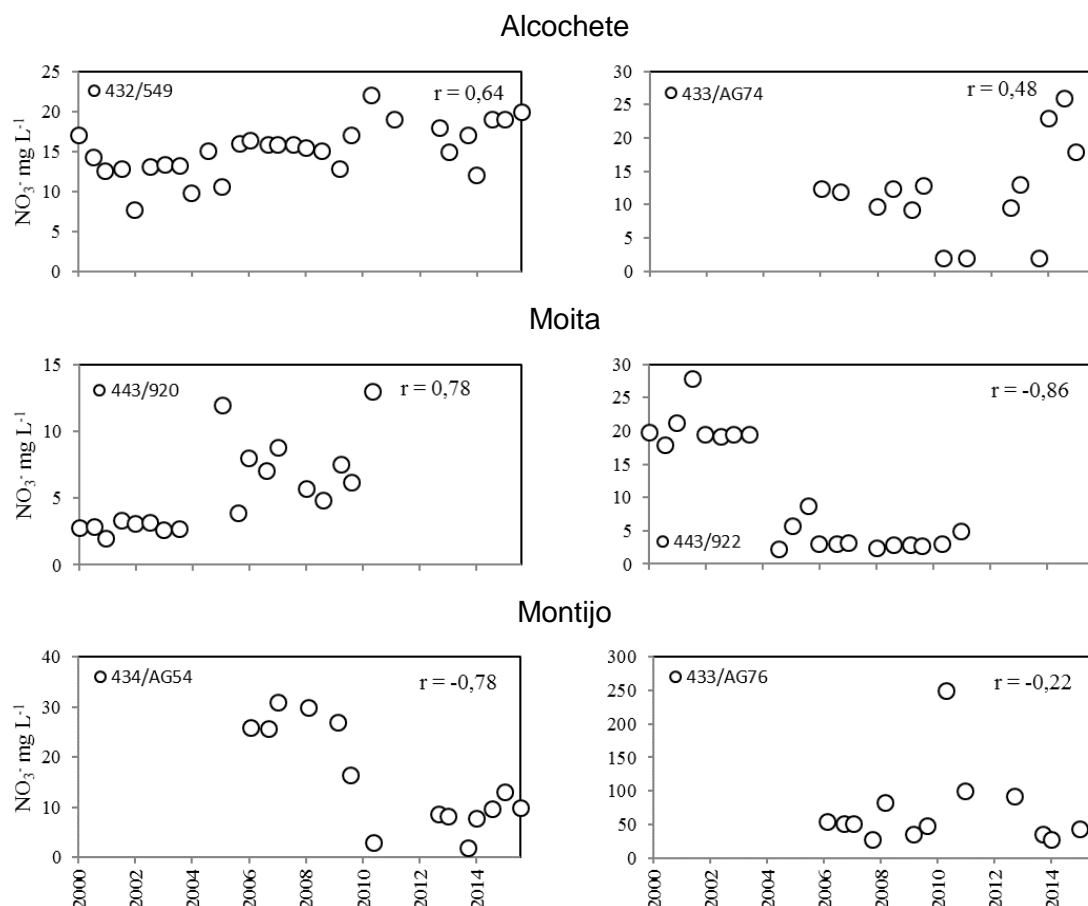


Figura 46 - Evolução temporal das concentrações de nitratos em poços de monitorização dos concelhos de Alcochete, Moita e Montijo. Margem Esquerda.

Os diferentes comportamentos descritos para os dois aquíferos, relacionam-se em parte com a sua localização em relação à superfície do solo, onde é produzido o N surplus (Figura 17a)). Os Aluviões do Tejo por se encontrarem relativamente próximo da superfície do solo reagem rapidamente aos excessos de N produzidos à superfície. No caso do aquífero semi-confinado verificam-se as seguintes duas situações que podem contribuir para o seu diferente comportamento. Numa faixa longitudinal ao Rio Tejo, próxima das suas margens, o aquífero ME/MD encontra-se por baixo dos Aluviões do Tejo, e dele separado por um Aquitardo de condutividade reduzida, logo, para além de se encontrar mais afastado da superfície do solo, os nitratos encontram uma barreira física ao seu movimento. Provavelmente, por escoamento superficial grande parte dos nitratos vão ter ao rio Tejo. Nas zonas mais afastadas das margens do rio e a cotas superiores, a espessura da zona não saturada aumenta consideravelmente, aumentando também o tempo de chegada dos nitratos à água subterrânea.

4.5.3 O risco global e a concentração de NO_3^- nas águas subterrâneas

O concelho da Golegã apresentava no início do período em estudo um índice global alto, que diminuiu para moderadamente alto em 2009. Esta evolução é confirmada com os valores de

concentração de nitratos registados nos poços apresentados na Figura 41, que mostram uma redução embora ainda acima do VMA.

Também o concelho de Abrantes mostra uma redução no I_G , desta vez de moderadamente alto para moderado. Igual tendência observa-se na concentração de nitratos nos poços da Figura 42, apresentando em 2009, valores claramente inferiores ao VMA.

Nos concelho de Benavente, a concentração de nitratos nos poços é elevada, apresentando uma grande variabilidade na evolução temporal, sendo difícil identificar uma tendência. A evolução do índice global de risco apresentada na Figura 43, permite prever esta situação.

No concelho de Almeirim, observa-se que o I_G manteve-se moderadamente alto entre 1989 e 2009, o que foi igualmente observado na evolução das concentrações nos poços do aquífero dos Aluviões do Tejo, em que se verificaram valores acima do VMA não sendo possível definir uma tendência de evolução (Figura 44). Quanto a Salvaterra de Magos, verificou-se, também, haver concordância entre a evolução do índice de risco global e das concentrações de nitratos nas águas subterrâneas. Refere-se ainda que nestes concelhos o índice de risco teve em consideração apenas o aquífero mais próximo da superfície (Aluviões do Tejo).

No concelho de Palmela o I_G baixou de alto para moderadamente alto, estando de acordo com a evolução das concentrações de nitratos nos poços que apresentam os maiores valores.

O concelho de Alcochete mostra que o I_G diminuiu entre 1989 e 2009, de alto para moderadamente alto. No entanto, os valores de nitratos nos poços apresentam valores inferiores ao VMA, não se conseguindo, com base nos dados existentes, estabelecer uma relação causal entre os dois.

No concelho da Moita, o I_G era moderadamente alto em 1989 e 1999, tendo passado para moderado em 2009, em resultado de um índice de risco associado ao N *surplus* e à permeabilidade do solo elevados. Os valores de nitratos na toalha freática apresentados na Figura 46 são muito baixos. No entanto, a informação disponibilizada pelo SNIRH indica que estes valores são estimados, sem explicação do método de estimação. Considera-se, pois, que estes valores não são adequados para análise.

O I_G no concelho do Montijo, baixou de moderadamente alto para moderadamente baixo ao longo do período em estudo. Esta evolução é reproduzida nas tendências de $[NO_3^-]$ apresentadas na Figura 46.

Verifica-se que a metodologia do índice global de risco de contaminação das águas subterrâneas com nitratos foi um bom estimador da $[NO_3^-]$ e da sua evolução temporal no aquífero dos Aluviões do Tejo. No aquífero semi-confinado Margem Esquerda/Margem Direita

foi mais difícil, em alguns casos, relacionar os resultados da metodologia (valor e evolução do I_0) com o estado da água subterrânea apresentado pelo SNIRH.

Esta incoerência dos resultados poderá estar relacionada com a incerteza associada ao cálculo do balanço de N. Uma das possíveis fontes de erro deve-se ao facto de que a estimativa para as freguesias que estão parcialmente contidas na ZVT considerarem que a distribuição das culturas nessa freguesia é homogénea o que pode não corresponder à realidade. Outra possível causa poderá ter a ver com o desfazamento temporal da chegada de nitratos aos aquíferos mais profundos, que por sua vez estão dependentes dos Aluviões do Tejo e da permeabilidade do Aquitardo que os separa. Deste modo o índice de risco global permite estimar com maior precisão o grau de contaminação dos poços da rede de monitorização dos Aluviões do Tejo, uma vez que a contaminação se faz mais diretamente. O mesmo não acontece no aquífero da Margem Esquerda/Direita, podendo ser essa a razão dos poços apresentarem uma tendência de aumento das concentrações de NO_3^- , ou seja, que a contaminação dada no passado esteja agora a ser observada nos aquíferos mais profundos.

4.6 Fontes de incerteza nos resultados do balanço bruto de azoto

4.6.1 Constrangimentos na obtenção dos dados de base para o trabalho

Os dados consultados no INE são disponibilizados em bruto e, muitas vezes pouco especificados ao nível da localização geográfica, tendo sido encontrados os seguintes constrangimentos:

- Os dados do RGA apresentam valores totais de áreas ocupadas por cereais, não distinguindo entre cereais de outono-inverno e cereais de primavera-verão, sendo esta distinção fundamental para a realização do balanço de N;
- Verificaram-se bastantes falhas na informação relativa ao número de animais por cada freguesia;
- Os dados relativos ao consumo aparente de fertilizantes são dados apenas por superfície agrícola utilizável do país.

Relativamente aos dados disponibilizados pelo SNIRH, deparámo-nos com alguns constrangimentos aquando da recolha e tratamento dos registos de nitratos na rede de monitorização, entre os quais:

- Existe um elevado número de valores de $[\text{NO}_3^-]$ estimados a preencher falhas nas séries de dados medidos. A maior parte dos valores estimados dizem respeito a poços com valores de concentração de nitratos inferiores a 50 mg L^{-1} ;
- As séries de dados temporais são relativamente curtas; Não apresentando valores para os dois primeiros anos de cálculo do balanço de N considerados neste trabalho

(1989 e 1999). Verificou-se também que apenas 60 % dos poços na rede de monitorização apresentam um número de registos superiores ou iguais a 15. Não sendo possível comparar os restantes poços a nível temporal;

- A rede de monitorização existente não se distribui uniformemente por toda a área da ZVT, existindo zonas sem poços de monitorização e outras com uma elevada densidade de poços;
- Apenas para um pequeno número de poços é disponibilizado em simultâneo a informação relativa à qualidade e à quantidade.

4.6.2 Incertezas no cálculo do balanço bruto de azoto

Para a realização deste estudo, é necessário proceder à simplificação de um sistema complexo, englobando os sistemas agrícolas produtores de N *surplus*, a zona não saturada através da qual ocorrem os fluxos de água e poluentes, do meio recetor e dos processos que nele ocorrem. No caso da zona da ZVT, o meio recetor (massa de água subterrânea) é particularmente complexo pois corresponde a um aquífero multicamada. Estas simplificações introduzem, logo a partida, incertezas nos resultados esperados.

Para além disso, algumas incoerências nos resultados poderão estar relacionadas com incertezas associadas ao cálculo do BBN. Referem-se as seguintes:

- Neste trabalho, o N *surplus* é apenas um indicador do potencial de risco de contaminação não só a nível do solo e água como também a nível das emissões para a atmosfera;
- A distribuição, a nível da freguesia, dos cereais pelos grupos milho-grão e cereais de inverno foi feita com base na distribuição existente a nível da região agrária;
- A evolução do consumo aparente de fertilizantes por freguesia foi estimada com base em valores nacionais, o que associa uma grande incerteza à quantificação desta importante entrada do balanço;
- Não havendo informação disponível sobre a adesão dos agricultores às medidas exigidas no plano de ação, foi necessário utilizar estimativas.

Outra das possíveis fontes de incerteza relacionam-se com os factos de: (i) que a estimativa para as freguesias que estão parcialmente contidas na ZVT, considerarem que a distribuição das culturas nessa freguesia é homogénea, o que pode não corresponder à realidade; e (ii) de que a contribuição de contaminações provenientes da indústria e de esgotos urbanos, não foram considerados neste trabalho.

5 Conclusões

Neste trabalho desenvolveu-se uma metodologia integrada com o objetivo de avaliar se as práticas agrícolas decorrentes da designação da área em estudo, pertencente à bacia do Tejo, como Zona Vulnerável aos Nitratos, teve impactos positivos no estado da contaminação dos aquíferos.

A metodologia geral baseou-se: (i) na realização do balanço bruto de azoto ao nível da freguesia, com base na metodologia da OCDE (Eurostat, 2013); (ii) na realização de uma análise espaço-temporal às concentrações de nitratos nas águas dos poços da rede nacional de monitorização; e (iii) na definição de índices de risco.

Para a obtenção dos dados necessários à realização do trabalho, procedeu-se à recolha de informação a partir de diversas fontes, incluindo solos, aquíferos, culturas, fertilizações, áreas regadas, origem da água de rega e produção pecuária. Refere-se que, durante a recolha de dados, foi realizada uma fase de pré-processamento, verificação, edição e seleção de dados. Devido à área abrangida pelo estudo (totalidade da ZVT), à natureza espacialmente distribuída dos dados, e ao período temporal considerado, foi compilado um grande volume de dados, tendo sido necessário a estruturação de uma base de dados geográfica em QGIS, que poderá também servir de base a futuros estudos a realizar na ZVT. É de realçar que a utilização mais exigente do QGIS consistiu na criação do mapa de solos da ZVT com um detalhe adequado à realização do presente estudo.

Os principais resultados apresentam-se seguidamente.

Balanço do azoto

Globalmente, a principal entrada no balanço de azoto corresponde aos fertilizantes minerais. As exceções correspondem aos concelhos com elevada produção pecuária (ex. Alcochete, Benavente, Moita e Montijo), onde o efluente pecuário produzido tem que ser distribuído nas áreas agrícolas. Nos concelhos com uma grande área ocupada com culturas regadas, o N contido na água de rega tem um peso significativo no balanço (ex. Alpiarça).

De uma forma geral constata-se que existe uma redução de 46% no N *surplus* de toda a ZVT entre 1989 e 2009, embora tenha sido a partir de 1999 que a variação foi maior. Esta redução foi devida à designação da Zona Vulnerável em 2004, quando passaram a ser aplicadas as medidas do Programa de Ação, nomeadamente no cálculo dos planos de fertilização, e que resultaram num decréscimo acentuado do N excedente no solo. A variação do N *surplus* ao longo do período em estudo é negativa em 91 % dos concelhos. São exceção os concelhos de Benavente e Cartaxo, onde o valor aumentou em 14 e 5 % respetivamente. Os concelhos

que apresentam maiores reduções no N *surplus* são Montijo, Alcochete, Alpiarça, Constância e Golegã com variações iguais ou superiores a 60 %. Regra geral, os concelhos com maior N *surplus* apresentaram uma ocupação cultural onde predominam o milho-grão e as hortícolas – horto industriais, enquanto nos concelhos com menor N *surplus* predominam as leguminosas e os prados permanentes e as forragens. Estes resultados são coerentes, dado que o milho-grão e as hortícolas em geral são aquelas onde o agricultor aplica maior quantidade de N, dado o seu maior retorno económico.

O valor final do BBN resulta da interação entre os seguintes fatores: (i) quantidade de fertilizantes mineral e efluente pecuário introduzido; (ii) a SAU do concelho; e (iii) os tipos de ocupação cultural. Como exemplos de interações concomitantes pode-se referir o concelho do Montijo onde a SAU aumentou entre 1989 e 1999, verificando-se uma redução ligeira em 2009. Por seu lado, a produção de efluente pecuário decresceu e a área de pastos aumentou significativamente. A conjugação destes três fatores levaram à maior redução de N *surplus* da ZVT. Também o concelho de Benavente mostra interação concomitante de fatores, mas no sentido do aumento do N *surplus*. Em 1999 é dos concelhos com menores valores de produção de efluente e em 2009 o com maiores valores, tendo apresentado para as mesmas datas um decréscimo da SAU. Como exemplo de interações antagónicas dos fatores refere-se o caso do concelho da Moita, uma vez que o aumento do N *surplus* não é explicado pela variação da ocupação cultural.

Águas subterrâneas

Relativamente às concentrações de nitratos nas águas subterrâneas, registaram-se as maiores concentrações nos Aluviões do Tejo, onde 54,5 % dos poços apresentaram pelo menos uma medição superior ao VMA de 50 mg L⁻¹. O aquífero semi-confinado da Margem Esquerda/Direita (ME/MD) apresenta 16,3% dos poços com medições superiores ao VMA.

Para os Aluviões do Tejo observa-se para os poços com as concentrações mais elevadas uma tendência decrescente dos valores da [NO₃⁻]. No aquífero ME/MD, observa-se nos poços com [NO₃⁻] elevadas (> 100 mg L⁻¹) uma tendência de diminuição lenta e gradual. No entanto, nos poços com menores concentrações, estas têm vindo a aumentar ao longo do tempo. O comportamento anteriormente descrito parece indicar que os nitratos inicialmente existentes no aquífero mais superficial (Aluviões do Tejo), estão ao longo do tempo a ser transportados pelo fluxo de água que atravessa o Aquitardo, contribuindo para a recarga do aquífero subjacente (ME/MD). Este facto pode indicar que no futuro estes poços possam estar em risco de atingir o VMA, reforçando a importância da implementação das medidas do plano de ação da ZVT.

Índice de risco global

De modo a avaliar o risco global de contaminação de águas subterrâneas por nitratos de origem agrícola quantificaram-se individualmente os riscos associados ao N *surplus*, à permeabilidade dos solos e à profundidade da toalha freática. O índice de risco global (I_G) diminuiu em todos os concelhos excetuando o Cartaxo, onde aumentou, e Azambuja, Santarém, Almeirim e Benavente onde se manteve ao longo do período, o que está de acordo com a evolução observada da qualidade da água nos poços. Assim, verifica-se que o índice global de risco de contaminação das águas subterrâneas com nitratos foi um bom estimador da $[NO_3^-]$ e da sua evolução temporal no aquífero dos Aluviões do Tejo. No aquífero semi-confinado Margem Esquerda/Margem Direita foi mais difícil, em alguns casos, relacionar os resultados do índice de risco global e da sua evolução com o estado da água subterrânea.

Globalmente, tem se assistido a uma melhoria do estado das águas subterrâneas na ZVT após a implementação do plano de ação. Esta melhoria é notória nas zonas de regadio, onde o maior *input* de N no balanço provém dos fertilizantes minerais. Esta evolução resulta provavelmente da adoção, por parte de uma percentagem considerável de agricultores, das práticas de fertilização impostas no Manual de Campo. No entanto, em grande parte dos poços as $[NO_3^-]$ continuam acima do VMA.

Na região a Sul da zona vulnerável, a tendência observada é de um agravamento da situação, nomeadamente no aquífero mais profundo, onde, apesar de as $[NO_3^-]$ serem ainda baixas estão a aumentar. Esta tendência, não é explicada pela evolução do N *surplus*, estando provavelmente relacionada com a problemática dos efluentes pecuários, mas também eventualmente com os esgotos urbanos relacionados com a expansão urbana que tem ocorrido nos últimos anos na região. Recomenda-se a realização de um estudo mais pormenorizado que tenha em conta as possíveis fontes de poluição, para além da agricultura.

6 Referências Bibliográficas

- Addiscott, T. M. (1996a). Fertilizers and nitrate leaching. In R. E. Hester; R. M. Harrison, Issues in Environmental Science and Technology 5 (pp. 1-26). The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Addiscott, T. M. (1996b). Measuring and modeling nitrogen leaching: parallel problems. In Addiscott, T. M., Plant and Soil. Academic Publishers: Netherlands.
- Agriculture Research Service - ARS/USDA, (1994). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).
- Baddley, J. A.; Jones, S.; Topp, C. F. E.; Watson, C. A.; Helming, J.; Stoddard, F. L. (2013). Biological nitrogen fixation (BNF) by legume crops in Europe. Legume Futures Report 1.5.
- Cameira, M. D. R.; Mota, M. (2017). Nitrogen Related Diffuse Pollution from Horticulture Production: Mitigation Practices and Assessment Strategies. *Horticulturae*, 3(1), 25.
- Cameron, K. C.; Di, H. J.; Moir, J. L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. In Association of Applied Biologists, *Annals of Applied Biology* (pp. 145-173). New Zealand.
- Cardoso, J. C. (1974). A Classificação dos Solos de Portugal - nova versão. *Boletim de Solos do S.R.O.A.*, 17, (pp. 14-46).
- Dalgaard, T.; Hansen, B.; Hasler, B.; Hertel, O.; Hutchings, N. J.; Jacobsen, B.H.; Jensen, L. S.; Kronvang, B.; Olesen, J. E.; Schjørring, J. K. and Kristensen, I. S. (2014). Policies for agricultural nitrogen management: trends, challenges and prospects for improved efficiency in Denmark. *Environmental Research Letters*, 9 (11), (p. 11500).
- Di, H. J.; Cameron, K. C. (2002). Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46 (pp. 237-256). Netherlands.
- Dias, J. S. (1997). Código de boas práticas agrícolas. Laboratório químico.agrícola Rebelo da Silva, Lisboa.
- Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural - DGADR, (2017). Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.dgadr.gov.pt/rec-hid>.
- Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (2013). Recursos Hídricos: Diretiva nitratos - Zonas vulnerável do Tejo. Disponível em: http://www.dgadr.gov.pt/images/docs/hidrologia/ZV_Tejo.pdf.
- Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (2017). Recursos Hídricos: Necessidades hídricas das culturas - Origens de água para Rega. Disponível em: <http://www.dgadr.gov.pt/rec-hid/nec-hidricas-culturas/origens-de-agua-para-rega>
- Direção Geral do Território, (2017). Informação Geográfica - IGeo. Disponível em: <http://www.dgterritorio.pt/igeo/>.
- Directiva 91/676/CEE. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agriculture sources. *Off. J. Eur. Communities* 31-12-1991; L375: 1-13.
- Dong, H.; Mangino, J. McAllister, T.; Hatfield, J.; Johnson, D.; Lassey, K.; Lima, M.; Romanovskaya, A. (2006). Emissions from livestock and manure management. In Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. (eds). IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan, 2, (pp. 48-56).
- DRAPLVT, (2004). Manual de Campo da Zona Vulnerável a Nitratos - Tejo - Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo. Santarém.
- EMEP, (2016). EMEP/MSC-W Model Unofficial User's Guide Release rv4_15. Disponível em: <http://www.emep.int>
- Erismann, J. W. (2011). The European nitrogen problem in a global perspective. In Sutton, M., Howard, C., Erismann, J., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H., Grizzetti, B., The European Nitrogen Assessment (pp. 9-28). Cambridge University Press.

- European Commission, (2007). Report from the Commission to the Council and the European Parliament on implementation of the Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources for the period 2000-2003.
- European Commission, (2010a). Water Framework Directive (WFD; 2000/60/EC). Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html.
- European Commission, (2010b). Bathing Water Directive (BWD; 2006/7/EC). Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/index_en.html.
- European Commission, (2010c). Urban Waste: water Treatment Directive (91/271/EEC). Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/index_en.html.
- European Commission, (2010d). Environmental Impact Assessment Directive (85/337/EEC). Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/eia/full-legal-text/85337.htm>.
- European Commission, (2010e). Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index_en.html.
- European Commission, (2010f). Directive on Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC; 1996/61/EC). Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/ippc/index.html>.
- European Commission, (2010g). Drinking Water Directive (98/83/EC). Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/index_en.html.
- European Commission, (2010h). Groundwater Directive (2006/118/EC). Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater.html>.
- European Commission, (2010i). Water Framework Directive (WFD;2000/60/EC). Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html.
- European Environment Agency (EEA), (2005). The European Environment: State and Outlook 2005. Copenhagen.
- Eurostat (2013). Methodology and Handbook: Nutrient Budgets. Version 1.02. Eurostat; OECD, Luxembourg.
- FAO, Unesco. (1974). Soil Map of the World. Volume I, Legend. Unesco, Paris.
- Gheysari M.; Mirlatifi, S. M.; Homaei, M.; Hoogenboom, G.; Asadi, M. E. (2009). Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates.
- Google Maps, (2017). Disponível em: <https://www.google.pt/maps/place/Rio+Tejo/@39.7048571,-7.7557999,7z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd5da2faa8335a43:0x4657ba51ddf0fca!8m2!3d39.72226!4d-5.5119887?hl=pt-PT>.
- Goulding, K. W. T.; Poulton P. R.; Webster (2000). Nitrate leaching from the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK, as influenced by fertilizer and manure inputs and the weather. In British Society of Soil Science, Soil Use and Management (pp. 244-250).
- Grizzetti, B. (2011). Nitrogen as a threat to European water quality. In Sutton, M., Howard, C., Erisman, J., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H., Grizzetti, B., The European Nitrogen Assessment. Cambridge University Press.
- Hansen, B.; Dalgaard, T.; Thorling, L.; Sorensen, B.; Erlandsen, M. (2012). Regional analysis of groundwater nitrate concentrations and trends in Denmark in regard to agricultural influence. In Biogeosciences. Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.
- Instituto de Hidráulica Engenharia Rural e Ambiente - IHERA, (1999). Nota Explicativa da Carta dos Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo. In Direção de Serviços dos Recursos Naturais e Aproveitamentos Hidroagrícolas. Lisboa.
- Instituto Nacional de Estatística - INE, (2017). Dados Estatísticos. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados&contexto=bd&selTab=tab2
- Laegreid, M.; Bockman, O. C.; Kaarstad, O. (1999). Agriculture, fertilizers and the environment. Agriculture, application to land, fertilizers, food production, land use, plant nutrition, resource management, sustainability. CABI Publishing: Wallingford, UK.

- Lei nº 58/2005. Assembleia da República, Diário da República 29/12/2015; nº 249, Série I-A: 7280-7310. Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva nº 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas. Disponível em: <http://data.dre.pt/eli/lei/58/2005/12/29/p/dre/pt/html>.
- Lord, E. I.; Anthony, S. G.; Goodlass, G. (2002). Agricultural nitrogen balance and water quality in the UK. *Soil Use and Management*, 18(4), (pp. 366-369).
- LQARS, (2006). Manual de fertilização das culturas / INIAP - Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa.
- Mendonça, J. L. (2009). Caracterização geológica e hidrogeológica da Bacia Terciária do Tejo-Sado. In Administração da Região Hidrográfica do Tejo I.P., Tagides: Os Aquíferos das Bacias Hidrográficas do Rio Tejo e das Ribeiras do Oeste - Saberes e Reflexões (pp. 59-66).
- Moldanová, J.; Grennfelt, P.; Jonsson, A. (2011). Nitrogen as a threat to European air quality. In Sutton, M., Howard, C., Erisman, J., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H., Grizzetti, B., The European Nitrogen Assessment (pp. 405-429). Cambridge University Press.
- NSO, (2008). Gross nitrogen balance for Malta. National Statistics Office of Malta. Lavaleta.
- Núncio, J. (2013). O caso pratico da agricultura: Perímetro de Rega do Vale do Sorraia. Encontro Técnico Poluição difusa - desafios para o futuro. Auditório do IPQ, Caparica.
- Nyíri, A.; Gauss, M.; Klein, H. (2009). Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM Portugal. Norwegian Meteorological Institute.
- Oenema, O. (2011). Nitrogen in current European policies. In Sutton, M., Howard, C., Erisman, J., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H., Grizzetti, B., The European Nitrogen Assessment (pp. 62-78). Cambridge University Press.
- Paralta, E.; Francés, A.; Sarmiento, P. (2002a). Caracterização Hidrogeológica e Avaliação da Vulnerabilidade à Poluição Agrícola do Aquífero Mio-Pliocénico da Região de Canhestros (Alentejo), 6º Congresso da Água, (p. 16). Porto.
- Penã-Fleitas, M. T.; Soto, F.; Gallardo, M.; Thompson, R. B.; Padilla, F. M. (2015). Consideration of total available N supply reduces N fertilizer requirement and potential for nitrate leaching loss in tomato production. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (pp. 62-70).
- Pimenta, M. T. (1998). Caracterização da erodibilidade dos solos a sul do Rio Tejo. INAG/DSRH.
- Pinho, P.; Theobald, M. R.; Dias, T.; Tang, Y. S.; Cruz, C.; Martins-Loução, M. A.; Máguas, C.; Sutton, M.; Branquinho, C. (2012). Ctrial loads of nitrogen deposition and critical levels of atmospheric ammonia for semi-natural Mediterranean evergreen woodlands. In *Biogeosciences*. Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.
- Pionke, H. B.; Sharma, M. L.; Hirschberg, K. J. (1990). Impact of irrigated horticulture on nitrate concentrations in groundwater. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (pp. 119-132).
- PNUEA (2012). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água: Implementação 2012-2020. In Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território; Agência Portuguesa do Ambiente.
- Poisvert, C.; Curie, F.; Moatar, F. (2016). Annual agricultural N surplus in France over 70-year period. In *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 107 (1), (pp. 63-78).
- Portaria nº 164/2010. Ministérios da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas e do Ambiente e do Ordenamento de Território, Diário da República 16/03/2010; nº 52, Série I: 817-820. Aprova a lista das zonas vulneráveis do continente. Disponível em: <http://data.dre.pt/eli/port/164/2010/03/16/p/dre/pt/html>.
- Portaria nº 259/2012. Ministérios da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento de Território, Diário da República 28/08/2012; nº 166, Série I: 4772-4795. Estabelece o programa de ação para as zonas vulneráveis de Portugal Continental. Disponível em: <http://data.dre.pt/eli/port/259/2012/08/28/p/dre/pt/html>.
- Santos, J. Q. (1991). Fertilização. Fundamentos da Utilização dos Adubos e corretivos. Europa-América, Mem Martins, Portugal, (p. 141).

- Schroder, J. J.; Aarts, H. F. M.; Ten Berge, H. F. M.; Van Keulen, H.; Neeteson, J. J. (2003). An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. In Agrosystems Research Department, Plant Research International. Netherlands.
- Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos - SNIRH, (2017). Monitorização. Disponível em: <http://www.snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1>.
- Sistema Nacional de Informação do Ambiente - SNIAmb, (2017). Catálogo. Disponível em: <https://sniamb.apambiente.pt/content/catálogo?language=pt-pt>.
- Smith, V. H.; Tilman, G. D.; Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. In Smith, V. H., *Environmental Pollution* 100 (1999) 179-196.
- Sousa, P. L.; Morais, A. (2011). MECAR: metodologia para a estimativa de água de rega em Portugal. In Sousa, P. L.; Ribeiro, L. (eds). *O uso da água na agricultura*. INE, Lisboa.
- Stevens, C. J.; Maskell, L.C.; Smart, S. M.; Bullock, J. M.; Thompson, K. (2009). Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats: *Global Change Biology* 16. The European Nitrogen Assessment (pp. 671-679). Cambridge University Press.
- Sutton, M. (2011). Assessing our nitrogen inheritance. In Sutton, M., Howard, C., Erisman, J., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H., Grizzetti, B., *The European Nitrogen Assessment* (p. 2). Cambridge University Press.
- Sutton, M. A.; Errisman, J. W.; Oenema, O. (2007). Strategies for controlling nitrogen emissions from agriculture: regulatory, voluntary and economic approaches. In: *Fertilizer Best Management Practices: General Principles, Strategies for their Adoption and Voluntary Initiatives vs Regulations*. International Fertilizer Industry Association, Paris, France (pp. 245-259).
- Sutton, M.; Grinsven, H. (2011). Summary for policy makers. In Sutton, M., Howard, C., Erisman, J., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H., Grizzetti, B., *The European Nitrogen Assessment* (pp. XXIV). Cambridge University Press.
- United Nations Population Fund (2007). *State of World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*. UNPF.
- Van Grinsven, H. J. M.; Ten Berge, H. F. M.; Dalgaard, T.; Fraters, B.; Durand, P.; Hart, A.; Hofman, G.; Jacobsen, B. H.; Lalor, S. T.; Lesschen, J. P.; Osterburg, B. (2012). Management, regulation and environmental impacts of nitrogen fertilization in Northwestern Europe under the Nitrates Directive: a benchmark study. *Biogeosciences*, 9 (12), (pp. 5143-5160).
- Velthof, G. L.; Hou, Y.; Oenema, O. (2015). Nitrogen excretion factors of livestock in the European Union: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95 (15), (pp. 3004-3014).
- Ward, M., de Kok, T., Levallois, P. et al. (2005). Drinking water nitrate and health: recent findings and research needs. *Environmental Health Perspectives* 113, 1607–1614.
- Zhu, M. Y.; Wilson, R.; Leptin, M. (2005). A screen for genes that influence fibroblast growth factor signal transduction in *Drosophila*. In Zhu et al., *Genetics* (pp. 767-777).

7 Anexos

Anexo I

Freguesias pertencentes (total ou parcialmente) à zona vulnerável do Tejo

Freguesia	Concelho	Área total da freguesia (ha)	Área da freguesia na ZVT (ha)
Rio de Moinhos	ABRANTES	2003,1	290,3
Tramagal	ABRANTES	2410,1	579,4
União das freguesias de Abrantes (São Vicente e São João) e Alferrarede	ABRANTES	6446,7	1,0
União das freguesias de Alcácer do Sal (Santa Maria do Castelo e Santiago) e Santa Susana	ALCÁÇER DO SAL	88835,2	1,3
Alcochete	ALCOCHETE	11944,2	8753,7
Samouco	ALCOCHETE	476,1	281,0
São Francisco	ALCOCHETE	416,2	416,2
União das freguesias de Carregado e Cadafais	ALENQUER	2452,0	311,6
Almeirim	ALMEIRIM	6913,0	6913,1
Benfica do Ribatejo	ALMEIRIM	2927,0	2927,1
Fazendas de Almeirim	ALMEIRIM	5830,3	5820,1
Raposa	ALMEIRIM	6541,7	2382,1
Alpiarça	ALPIARÇA	9536,3	9536,1
Aveiras de Baixo	AZAMBUJA	1889,6	114,5
Azambuja	AZAMBUJA	8111,0	4364,0
Vila Nova da Rainha	AZAMBUJA	2489,7	1170,5
Santo António da Charneca	BARREIRO	769,7	1,6
União das freguesias de Alto do Seixalinho, Santo André e Verderena	BARREIRO	717,9	0,0
União das freguesias de Barreiro e Lavradio	BARREIRO	773,6	0,3
União das freguesias de Palhais e Coina	BARREIRO	1377,9	0,0
Barrosa	BENAVENTE	717,5	716,3
Benavente	BENAVENTE	13041,0	12825,6
Samora Correia	BENAVENTE	32138,7	32125,9
Santo Estêvão	BENAVENTE	6241,2	6237,6
União das freguesias do Cartaxo e Vale da Pinta	CARTAXO	2823,1	9,4
Valada	CARTAXO	4216,6	4202,0
Vale da Pedra	CARTAXO	1409,5	14,3
Vila Chã de Ourique	CARTAXO	3321,9	1525,1
Carregueira	CHAMUSCA	9864,5	1600,6
Ulme	CHAMUSCA	12179,8	44,3
União das freguesias da Chamusca e Pinheiro Grande	CHAMUSCA	6710,0	2416,2
União das freguesias de Parreira e Chouto	CHAMUSCA	33841,3	1,1
Vale de Cavalos	CHAMUSCA	12005,0	1755,5
Constância	CONSTÂNCIA	883,2	203,4
Montalvo	CONSTÂNCIA	1281,4	302,1
Santa Margarida da Coutada	CONSTÂNCIA	5872,0	373,8
Biscainho	CORUCHE	8136,7	2,5
Branca	CORUCHE	11734,2	7,3
União das freguesias de Coruche, Fajarda e Erra	CORUCHE	35648,1	1529,3
São João Baptista	ENTRONCAMENTO	456,1	0,0
Azinhaga	GOLEGÃ	3821,4	3211,2
Golegã	GOLEGÃ	3840,3	3839,8
Pombalinho	GOLEGÃ	769,9	770,0

Freguesia	Concelho	Área total da freguesia (ha)	Área da freguesia na ZVT (ha)
Alhos Vedros	MOITA	1790,7	1789,9
Moita	MOITA	1794,2	1794,2
União das freguesias de Baixa da Banheira e Vale da Amoreira	MOITA	642,1	640,1
União das freguesias de Gaio-Rosário e Sarihos Pequenos	MOITA	1299,1	1298,9
União das freguesias de Cortiçadas de Lavre e Lavre	MONTEMOR-O-NOVO	21369,8	0,9
Canha	MONTIJO	21197,1	21195,4
Sarihos Grandes	MONTIJO	1176,6	1176,6
União das freguesias de Atalaia e Alto Estanqueiro-Jardia	MONTIJO	1364,9	1364,9
União das freguesias de Montijo e Afonsoeiro	MONTIJO	3146,0	3101,1
União das freguesias de Pegões	MONTIJO	7977,0	7976,2
Palmela	PALMELA	7751,1	7747,9
Pinhal Novo	PALMELA	5444,3	5444,4
Quinta do Anjo	PALMELA	5111,8	5109,2
União das freguesias de Poceirão e Marateca	PALMELA	28204,9	27951,3
Marinhais	SALVATERRA DE MAGOS	3787,9	3774,3
Muge	SALVATERRA DE MAGOS	4960,5	4850,7
União das freguesias de Glória do Ribatejo e Granho	SALVATERRA DE MAGOS	8465,2	1383,1
União das freguesias de Salvaterra de Magos e Foros de Salvaterra	SALVATERRA DE MAGOS	7179,6	6987,2
Alcanhões	SANTARÉM	1145,4	36,6
União das freguesias de Santarém (Marvila), Santa Iria da Ribeira de Santarém, Santarém (São Salvador) e Santarém (São Nicolau)	SANTARÉM	5551,1	2153,2
União das freguesias de São Vicente do Paul e Vale de Figueira	SANTARÉM	7182,2	2654,1
Vale de Santarém	SANTARÉM	1019,5	80,5
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	SETÚBAL	3323,0	21,9
Setúbal (São Sebastião)	SETÚBAL	2551,9	0,1
União das freguesias de Azeitão (São Lourenço e São Simão)	SETÚBAL	6932,3	1,9
União das freguesias de Setúbal (São Julião, Nossa Senhora da Anunciada e Santa Maria da Graça)	SETÚBAL	3676,5	3,2
Riachos	TORRES NOVAS	1457,1	554,1
União das freguesias de Brogueira, Parceiros de Igreja e Alcorochel	TORRES NOVAS	4207,4	94,0
Landeira	VENDAS NOVAS	6467,1	3,1
Vendas Novas	VENDAS NOVAS	15771,8	2,7
União das freguesias de Castanheira do Ribatejo e Cachoeiras	VILA FRANCA DE XIRA	2678,1	675,2
Vila Franca de Xira	VILA FRANCA DE XIRA	21287,0	13931,1
Praia do Ribatejo	VILA NOVA DA BARQUINHA	2025,8	154,7
Tancos	VILA NOVA DA BARQUINHA	204,4	19,3
Vila Nova da Barquinha	VILA NOVA DA BARQUINHA	1283,2	140,8

Anexo II

Número de animais existentes nas freguesias da ZVT em 2009

Concelho/Freguesia	Bovinos	Suínos	Ovinos	Caprinos	Equídeos	Aves	Coelhos
	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
Alenquer	2140	2412	3193	1301	347	542628	1648
UF de Carregado e Cadafais	509	1	181	64	52	270	33
Abrantes	1487	1966	11271	1961	304	12941	1072
Rio de Moinhos	0	3	69	3	0	44	10
Tramagal	0	84	1325	489	14	20	0
Constância			113	23	24	338	3
Constância	0	0	0	0	10	54	0
Montalvo	0	0	47	0	4	13	3
Santa Margarida da Coutada	0	0	66	23	10	271	0
Torres Novas	1112	5948	5667	2175	130	194527	1033
Riachos	110	12	252	12	17	334	69
UF de Brogueira, Pl e Alcorochel	11	38	1571	165	27	121239	100
Vila Nova da Barquinha		5	402	90	13	455	52
Praia do Ribatejo	0	0	78	20	11	76	9
Tancos	0	0	70	7	0	97	14
Vila Nova da Barquinha	0	2	68	6	1	77	21
Vila Franca de Xira	4071	26	3056	388	290	5531	569
Vila Franca de Xira	3579	10	359	29	226	666	61
UF de Castanheira do Rib Cachoeiras	3952	11	567	35	235	3245	61
Alcochete	1329	4633	766	53	131	928	32
Alcochete	1329	4375	722	53	128	611	22
Samouco	0	0	0	0	3	17	6
São Francisco	0	258	44	0	0	300	4
Moita	2241	1881	1317	316	133	5239	407
Alhos Vedros	902	18	459	28	32	1357	132
Moita	1207	1861	846	288	82	3615	248
UF B Banheira e Vale da Amoreira	0	0	0	0	0	10	0
UF Gaio-Rosário e Sarilhos Peq	0	0	0	0	0	0	0
Montijo	6181	98987	9402	319	232	3860	197
Canha	4693	83061	2930	30	79	667	18
Sarilhos Grandes	1307	7775	850	12	7	836	93
Pegões	55	0	1074	8	4	94	0
UF Atalaia e Alto Estanq-Jardia	2309	477	6216	903	149	8360	435
UFMontijo e Afonsoeiro	0	3	397	7	18	304	0
Palmela	15366	32213	19799	1623	420	21338	19819
Palmela	2284	468	4269	732	70	6740	367
Pinhal Novo	2813	2239	3981	240	65	4442	237
Quinta do Anjo	1030	3582	4756	216	9	516	87
UF Poceirão e Marateca	9239	25924	6793	435	276	9640	19128
Montemor-o-Novo	43133	85396	58357	990	571	14600	76
UFCortiçadas de Lavre e Lavre	3284	17156	5503	235	46	311	0
Vendas Novas	5066	34107	5390	126	140	321645	932
Vendas Novas	3033	34105	3421	126	18	321360	95
Landeira	2033	2	1969	0	122	285	837

Almeirim	436	40	614	101	51	10630	352
Almeirim	208	14	40	0	49	598	48
Benfica do Ribatejo	0	3	94	15	0	8305	44
Fazendas de Almeirim	64	23	458	86	0	1485	250
Raposa	164	0	22	0	2	242	10
Alpiarça	361	4	508	217	84	1112	186
Alpiarça	361	4	508	217	84	1112	186
Azambuja	3053	17718	2529	1204	268	150472	474
Aveiras de Baixo	335	15	749	216	26	50602	25
Azambuja	1532	9102	1001	260	156	88270	113
Vila Nova da Rainha	4	0	25	2	8	123	0
Benavente	18535	91527	2618	2146	855	146006	73
Benavente	5092	54244	654	2060	248	576	13
Samora Correia	12057	37278	1671	9	560	144867	38
Santo Estêvão	833	5	236	77	46	563	22
Barrosa	553	0	57	0	1	0	0
Cartaxo	2124	132680	984	254	127	112000	183
Valada	22	1	20	1	21	5	1
Vila Chã de Ourique	5	111219	78	6	22	225	30
Chamusca	6431	21	13011	668	229	1058	202
Vale de Cavalos	2978	6	4350	0	20	61	0
Carregueira	693	9	2417	31	12	460	122
UFda Chamusca e P. Grande	395	6	407	426	55	275	46
Coruche	15253	14158	9938	2555	529	7017	655
UFCoruche, Fajarda e Erra	5987	5533	3707	1724	156	2647	213
Golegã	141	54	411	3	84	588	93
Azinhaga	2	54	130	3	37	296	93
Golegã	139	0	281	0	47	292	0
Salvaterra de Magos	3100	8395	1034	192	231	67863	174
Marinhais	630	4000	188	36	32	702	64
Muge	1226	0	0	0	70	16	0
UF Glória do Ribatejo e Granho	280	4370	411	115	2	182	115
UFSalvaterra de Magos e Foros S	964	25	435	41	127	66963	100
Santarém	7291	62675	9998	4794	239	891271	2514
Pombalinho	0	0	12	38	0	16	12
Vale de Santarém	298	315	280	54	5	40500	0
UF Santarém, Sta Iria da Ribeira, S Salvador e S Nicolau	53	38	519	486	42	395	13
UF São Vicente do Paul e V. Fig	3655	3814	984	92	66	1308	149

Número de animais existentes nas freguesias da ZVT em 1999

Concelho/Freguesia	Bovinos	Suínos	Ovinos	Caprinos	Equídeos	Aves	Coelhos
	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
Alenquer	3590	7665	6945	856	321	2933226	4909
UF de Carregado e Cadafais	249	166	340	28	22	887	138
Abrantes	899	3819	16869	2044	335	13166	1959
Rio de Moinhos	15	10	94	0	0	401	30
Tramagal	0	0	1654	24	0	250	115
Constância	115	3438	1717	214	42	666	131
Constância	0	0	59	0	0	0	0
Montalvo	0	0	23	19	0	148	44
Santa Margarida da Coutada	0	5	1635	183	0	509	80
Torres Novas	1663	3925	7826	2508	246	218786	8944
Riachos	131	12	127	0	19	41617	147
UF de Brogueira, PI e Alcorochel	163	86	1176	702	37	2370	174
Vila Nova da Barquinha	0	39	433	90	23	81019	330
Praia do Ribatejo	0	0	65	12	15	80312	38
Tancos	0	0	0	0	0	104	0
Vila Nova da Barquinha	0	0	70	0	0	145	15
Vila Franca de Xira	3962	1759	4735	692	321	70154	996
Vila Franca de Xira	3126	38	1181	49	272	1186	42
UF de Castanheira do Rib Cachoeiras	3308	1369	1356	49	272	1541	42
Alcochete	1515	17669	1687	30	111	2835	415
Alcochete	1515	15155	1606	0	107	2392	347
Samouco	0	247	0	0	3	103	0
São Francisco	0	2267	72	0	0	340	43
Moita	8641	9094	2154	154	120	8269	944
Alhos Vedros	3058	2763	713	0	26	2179	396
Moita	5217	5157	1434	131	82	5881	527
UF B Banheira e Vale da Amoreira	0	0	0	0	0	10	0
UF Gaio-Rosário e Sarilhos Peq	0	0	0	0	0	0	0
Montijo	5501	75960	13486	220	199	74105	2014
Canha	2209	23688	5619	33	76	63405	364
Sarilhos Grandes	1330	16718	1311	102	29	1789	172
Pegões	287	2049	1812	20	13	2965	591
UF Atalaia e Alto Estanq-Jardia	346	23856	3270	209	79	39459	1383
UFMontijo e Afonsoeiro	185	4733	961	0	17	565	78
Palmela	10216	96765	19289	618	454	74507	26015
Palmela	294	11033	2488	209	53	37212	824
Pinhal Novo	5578	9785	3870	82	180	17485	2248
Quinta do Anjo	156	39256	3996	208	0	2470	140
UF Poceirão e Marateca	4188	36691	8935	119	219	17340	22803
Montemor-o-Novo	31989	81943	77663	1061	433	195677	652
UFCortiçadas de Lavre e Lavre	2657	1622	8315	0	34	1179	111
Vendas Novas	4228	6849	11492	29	148	21107	943
Vendas Novas	2546	6837	9098	29	28	20536	243
Landeira	1682	12	2394	0	120	571	0

Almeirim	1263	2296	3145	63	130	27142	2013
Almeirim	0	517	729	0	19	2265	492
Benfica do Ribatejo	227	53	101	0	95	12188	524
Fazendas de Almeirim	17	756	1575	47	13	12302	942
Raposa	847	970	740	0	0	387	55
Alpiarça	939	5917	2851	14	25	4939	667
Alpiarça	939	5917	2851	14	25	4939	667
Azambuja	3671	37802	2443	1369	596	305747	1597
Aveiras de Baixo	750	9921	381	22	85	478	30
Azambuja	1662	17246	582	182	321	51055	144
Vila Nova da Rainha	0	0	29	0	0	135	0
Benavente	13647	16931	6035	111	781	115561	914
Benavente	4242	4075	1484	34	102	107780	255
Samora Correia	7731	12786	3310	35	598	4940	606
Santo Estêvão	863	64	1241	42	81	2623	40
Barrosa	811	6	0	0	0	218	0
Cartaxo	4250	33295	2084	94	299	369054	742
Valada	0	2237	616	0	107	139	0
Vila Chã de Ourique	128	8257	176	0	0	17092	41
Chamusca	5528	4338	6406	304	213	9800	787
Vale de Cavalos	2439	62	25	0	0	387	19
Carregueira	0	13	337	17	47	1333	451
UFda Chamusca e P. Grande	578	30	1351	0	97	6664	126
Coruche	16706	20645	20442	1881	679	145655	1866
UFCoruche, Fajarda e Erra	5269	12390	5897	1172	285	5970	728
Golegã	495	201	445	77	82	179	17
Azinhaga	0	192	245	77	0	62	0
Golegã	486	9	200	0	79	117	17
Salvaterra de Magos	3039	13759	2072	171	358	11183	3801
Marinhais	1157	4578	608	99	15	1266	223
Muge	539	9	179	0	99	516	24
UF Glória do Ribatejo e Granho	80	597	125	56	29	2201	452
UFSalvaterra de Magos e Foros S	1263	8575	1160	14	215	7200	3102
Santarém	10868	96903	21019	4475	824	1240138	11798
Pombalinho	0	0	0	0	0	42	88
Vale de Santarém	400	577	578	114	312	36503	65
UF Santarém, Sta Iria da Ribeira, S Salvador e S Nicolau	410	4184	462	390	50	4637	144
UF São Vicente do Paul e V. Fig	3806	17735	4427	165	121	15578	654

Número de animais existentes nas freguesias da ZVT em 1989

Concelho/Freguesia	Bovinos	Suínos	Ovinos	Caprinos	Equídeos	Aves	Coelhos
	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
Alenquer	2140	2412	3193	1301	347	542628	1648
UF de Carregado e Cadafais	30	0	187	0	0	48	6
Abrantes	1487	1966	11271	1961	304	12941	1072
Rio de Moinhos	67	153	202	8	3	435	39
Tramagal	9	27	1194	14	45	1247	93
Constância	202	507	113	23	24	338	3
Constância	18	27	118	57	0	254	20
Montalvo	101	466	82	0	0	361	68
Santa Margarida da Coutada	83	14	1218	17	4	1046	108
Torres Novas	1112	5948	5667	2175	130	194527	1033
Riachos	63	255	635	98	8	981	43
UF de Brogueira, PI e Alcorochel	387	1326	798	1278	105	2477	237
Vila Nova da Barquinha		5	402	90	13	455	52
Praia do Ribatejo	156	1197	147	184	3	7647	81
Tancos	0	0	101	0	0	151	13
Vila Nova da Barquinha	0	0	106	0	0	101	77
Vila Franca de Xira	4071	26	3056	388	290	5531	569
Vila Franca de Xira	2679	539	1048	11	271	53948	327
UF de Castanheira do Rib Cachoeiras	2879	2358	1341	136	313	54394	387
Alcochete	1329	4633	766	53	131	928	32
Alcochete	996	15543	2931	30	87	2969	183
Samouco	19	1701	221	0	16	48	0
São Francisco	102	6617	491	0	42	962	102
Moita	2241	1881	1317	316	133	5239	407
Alhos Vedros	1272	865	1369	92	52	3243	266
Moita	3546	6542	1798	176	88	13984	555
UF B Banheira e Vale da Amoreira	0	0	0	0	0	10	0
UF Gaio-Rosário e Sarilhos Peq	0	0	0	0	0	0	0
Montijo	6181	98987	9402	319	232	3860	197
Canha	1271	2083	5114	29	199	54884	948
Sarilhos Grandes	1060	7150	1144	24	46	1888	227
Pegões	404	5842	2103	385	25	3318	330
UF Atalaia e Alto Estanq-Jardia	2220	26245	6103	416	147	81970	1823
UFMontijo e Afonsoeiro	1107	36029	1949	9	117	24350	163
Palmela	15366	32213	19799	1623	420	21338	19819
Palmela	1801	17125	5400	404	102	79963	1576
Pinhal Novo	3186	17104	4010	429	177	14094	1502
Quinta do Anjo	908	30471	2989	916	83	4871	414
UF Poceirão e Marateca	3360	27260	10882	155	186	22961	1415
Montemor-o-Novo	43133	85396	58357	990	571	14600	76
UFCortiçadas de Lavre e Lavre	2506	2611	8297	65	84	1684	159
Vendas Novas	5066	34107	5390	126	140	321645	932
Vendas Novas	1798	3953	6862	292	56	12708	376
Landeira	881	77	87	0	7	421	22

Almeirim	436	40	614	101	51	10630	352
Almeirim	869	602	1409	36	237	43511	888
Benfica do Ribatejo	71	122	211	25	59	2624	303
Fazendas de Almeirim	144	1894	2739	160	89	4702	959
Raposa	213	98	1328	53	21	650	80
Alpiarça	361	4	508	217	84	1112	186
Alpiarça	1225	7421	3708	196	179	5267	716
Azambuja	3053	17718	2529	1204	268	150472	474
Aveiras de Baixo	181	9903	446	59	41	128699	124
Azambuja	1256	13798	1176	47	295	12300	107
Vila Nova da Rainha	80	0	0	0	0	158	32
Benavente	18535	91527	2618	2146	855	146006	73
Benavente	5453	8354	1831	102	234	168520	261
Samora Correia	6826	7306	5825	92	591	12385	453
Santo Estêvão	768	178	2472	82	132	21735	162
Barrosa	773	3942	87	0	0	638	40
Cartaxo	2124	132680	984	254	127	112000	183
Valada	278	2644	63	0	23	70483	48
Vila Chã de Ourique	207	9103	261	0	38	998	187
Chamusca	6431	21	13011	668	229	1058	202
Vale de Cavalos	1613	77	138	41	14	756	101
Carregueira	237	15	598	52	52	724	82
UFda Chamusca e P. Grande	529	133	463	261	63	5545	238
Coruche	15253	14158	9938	2555	529	7017	655
UFCoruche, Fajarda e Erra	4202	13941	6836	631	186	11673	833
Golegã	141	54	411	3	84	588	93
Azinhaga	168	103	107	156	45	180	26
Golegã	435	123	790	136	43	1413	105
Salvaterra de Magos	3100	8395	1034	192	231	67863	174
Marinhais	780	5300	1981	43	128	5215	512
Muge	605	22	824	10	123	618	75
UF Glória do Ribatejo e Granho	347	230	609	119	113	2117	234
UFSalvaterra de Magos e Foros S	2200	10252	2166	25	283	49811	318
Santarém	7291	62675	9998	4794	239	891271	2514
Pombalinho	0	336	164	141	0	423	53
Vale de Santarém	882	4617	1067	155	0	44313	15
UF Santarém, Sta Iria da Ribeira, S Salvador e S Nicolau	288	1945	947	347	44	1514	185
UF São Vicente do Paul e V. Fig	1269	1852	2674	193	149	29334	203

Anexo III

Valores de taxas de excreção de N (Dong et al., 2006))

<p>TABLE 10.19 DEFAULT VALUES FOR NITROGEN EXCRETION RATE ^a (KG N (1000 KG ANIMAL MASS)⁻¹ DAY⁻¹)</p>								
Category of animal	Region							
	North America	Western Europe	Eastern Europe	Oceania	Latin America	Africa	Middle East	Asia
Dairy Cattle	0.44	0.48	0.35	0.44	0.48	0.60	0.70	0.47
Other Cattle	0.31	0.33	0.35	0.50	0.36	0.63	0.79	0.34
Swine ^b	0.50	0.68	0.74	0.73	1.64	1.64	1.64	0.50
Market	0.42	0.51	0.55	0.53	1.57	1.57	1.57	0.42
Breeding	0.24	0.42	0.46	0.46	0.55	0.55	0.55	0.24
Poultry	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Hens >= 1 yr	0.83	0.96	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Pullets	0.62	0.55	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Other Chickens	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Broilers	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Turkeys	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Ducks	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Sheep	0.42	0.85	0.90	1.13	1.17	1.17	1.17	1.17
Goats	0.45	1.28	1.28	1.42	1.37	1.37	1.37	1.37
Horses (and mules, asses)	0.30	0.26	0.30	0.30	0.46	0.46	0.46	0.46
Camels ^c	0.38	0.38	0.38	0.38	0.46	0.46	0.46	0.46
Buffalo ^c	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Mink and Polecat (kg N head ⁻¹ yr ⁻¹) ^d	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59
Rabbits (kg N head ⁻¹ yr ⁻¹)	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
Fox and Raccoon (kg N head ⁻¹ yr ⁻¹) ^d	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09
<p>The uncertainty in these estimates is $\pm 50\%$. ^aSummarized from 1996 IPCC Guidelines, 1997; European Environmental Agency, 2002; USA EPA National NH₃ Inventory Draft Report, 2004; and data of GHG inventories of Annex I Parties submitted to the Secretariat UNFCCC in 2004. ^bNitrogen excretion for swine are based on an estimated country population of 90% market swine and 10% breeding swine. ^cModified from European Environmental Agency, 2002. ^dData of Hutchings <i>et al.</i>, 2001.</p>								

Anexo IV
Índices de risco

Concelho	Índice de risco da toalha freática	Índice de risco do solo	Índice de risco do N <i>surplus</i>			Índice de risco global		
			2009	1999	1989	2009	1999	1989
Abrantes	3	3	2	3	3	8	9	9
Alcochete	2	5	3	3	4	10	10	11
Alenquer	3	3	2	2	3	8	8	9
Almeirim	3	4	3	3	3	10	10	10
Alpiarça	3	4	2	3	4	9	10	11
Azambuja	3	3	3	3	4	9	9	10
Benavente	3	5	3	2	3	11	10	11
Cartaxo	3	4	4	3	3	11	10	10
Chamusca	3	3	2	3	3	8	9	9
Constância	3	3	2	3	3	8	9	9
Coruche	1	5	2	2	3	8	8	9
Golegã	4	4	2	3	3	10	11	11
Moita	1	4	3	4	4	8	9	9
Montemor-O-Novo	1	6	2	2	2	9	9	9
Montijo	1	5	1	4	4	7	10	10
Palmela	1	6	2	4	4	9	11	11
Salvaterra de Magos	3	5	2	3	3	10	11	11
Santarém	3	4	3	4	3	10	11	10
Torres Novas	4	4	2	3	3	10	11	11
Vila Franca de Xira	3	3	2	3	3	8	9	9
Vila Nova da Barquinha	2	3	3	3	4	8	8	9

Anexo V

Numeração das freguesias

1. União das freguesias de Abrantes (São Vicente e São João) e Alferrarede
2. Rio de Moinhos
3. Praia do Ribatejo
4. Montalvo
5. Constância
6. Vila Nova da Barquinha
7. Tancos
8. Riachos
9. Carregueira
10. Golegã
11. União das freguesias de Brogueira, Parceiros de Igreja e Alcorochel
12. União das freguesias da Chamusca e Pinheiro Grande
13. Azinhaga
14. União das freguesias de São Vicente do Paul e Vale de Figueira
15. Ulme
16. Pombalinho
17. Alcanhões
18. Vale de Cavalos
19. Alpiarça
20. União das freguesias de Santarém (Marvila), Santa Iria da Ribeira de Santarém, Santarém (São Salvador) e Santarém (São Nicolau)
21. Almeirim
22. Vila Chã de Ourique
23. Vale de Santarém
24. União das freguesias do Cartaxo e Vale da Pinta
25. Fazendas de Almeirim
26. Benfica do Ribatejo
27. Valada
28. Raposa
29. Vale da Pedra
30. Muge
31. Azambuja
32. Aveiras de Baixo
33. União das freguesias de Glória do Ribatejo e Granho
34. União das freguesias de Salvaterra de Magos e Foros de Salvaterra
35. Marinhais
36. Vila Nova da Rainha
37. União das freguesias de Carregado e Cadafais
38. Vila Franca de Xira
39. Benavente
40. União das freguesias de Castanheira do Ribatejo e Cachoeiras
41. União das freguesias de Coruche, Fajarda e Erra
42. Barrosa
43. Samora Correia

44. Santo Estêvão
45. Canha
46. Alcochete
47. União das freguesias de Poceirão e Marateca
48. São Francisco
49. Samouco
50. União das freguesias de Montijo e Afonsoeiro
51. União das freguesias de Pegões
52. União das freguesias de Atalaia e Alto Estanqueiro-Jardia
53. Sarilhos Grandes
54. União das freguesias de Gaio-Rosário e Sarilhos Pequenos
55. Alhos Vedros
56. União das freguesias de Baixa da Banheira e Vale da Amoreira
57. Moita
58. Pinhal Novo
59. Quinta do Anjo
60. Palmela
61. Tramagal
62. Santa Margarida da Coutada
63. São João Baptista
64. UF de Alcácer do Sal (Santa Maria do Castelo e Santiago) e Santa Susana
65. UF Setúbal (São Julião, Nossa Senhora da Anunciada e Sta M Graça)
66. Setúbal (São Sebastião)
67. Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra
68. União das freguesias de Azeitão (São Lourenço e São Simão)
69. União das freguesias de Palhais e Coina
70. Santo António da Charneca
71. Landeira
72. União das freguesias de Alto do Seixalinho, Santo André e Verderena
73. União das freguesias de Barreiro e Lavradio
74. Vendas Novas
75. União das freguesias de Cortiçadas de Lavre e Lavre
76. Branca
77. Biscainho
78. União das freguesias de Parreira e Chouto

Numeração dos concelhos

- | | | |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1. Alenquer | 8. Cartaxo | 15. Torres Novas |
| 2. Azambuja | 9. Chamusca | 16. Vila Nova da Barquinha |
| 3. Vila Franca de Xira | 10. Constância | 17. Alcochete |
| 4. Abrantes | 11. Coruche | 18. Moita |
| 5. Almeirim | 12. Golegã | 19. Montijo |
| 6. Alpiarça | 13. Salvaterra de Magos | 20. Palmela |
| 7. Benavente | 14. Santarém | |

Anexo VI
Fração das freguesias que integram a ZVT

Freguesia	Área total da freguesia (ha)	Área da freguesia na ZVT (ha)	% na ZVT
Alcanhões	1145	37	3,2
Alcochete	11944	8754	73,3
Aveiras de Baixo	1890	115	6,1
Azambuja	8111	4364	53,8
Azinhaga	3821	3211	84,0
Biscainho	8137	2	0,0
Branca	11734	7	0,1
Carregueira	9864	1601	16,2
Constância	883	203	23,0
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	3323	22	0,7
Landeira	6467	3	0,0
Montalvo	1281	302	23,6
Praia do Ribatejo	2026	155	7,6
Raposa	6542	2382	36,4
Riachos	1457	554	38,0
Rio de Moinhos	2003	290	14,5
Samouco	476	281	59,0
Santa Margarida da Coutada	5872	374	6,4
Santo António da Charneca	770	2	0,2
São João Baptista	456	0	0,0
Setúbal (São Sebastião)	2552	0	0,0
Tancos	204	19	9,4
Tramagal	2410	579	24,0
Ulme	12180	44	0,4
União das freguesias da Chamusca e Pinheiro Grande	6710	2416	36,0
União das freguesias de Abrantes (São Vicente e São João) e Alferrarede	6447	1	0,0
União das freguesias de Alcácer do Sal (Santa Maria do Castelo e Santiago) e Santa Susana	88835	1	0,0
União das freguesias de Azeitão (São Lourenço e São Simão)	6932	2	0,0
União das freguesias de Barreiro e Lavradio	774	0	0,0
União das freguesias de Brogueira, Parceiros de Igreja e Alcorochel	4207	94	2,2
União das freguesias de Carregado e Cadafais	2452	312	12,7
União das freguesias de Castanheira do Ribatejo e Cachoeiras	2678	675	25,2
União das freguesias de Cortiçadas de Lavre e Lavre	21370	1	0,0
União das freguesias de Coruche, Fajarda e Erra	35648	1529	4,3
União das freguesias de Glória do Ribatejo e Granho	8465	1383	16,3
União das freguesias de Parreira e Chouto	33841	1	0,0
União das freguesias de Santarém (Marvila), Santa Iria da Ribeira de Santarém, Santarém (São Salvador) e Santarém (São Nicolau)	5551	2153	38,8
União das freguesias de São Vicente do Paul e Vale de Figueira	7182	2654	37,0
União das freguesias de Setúbal (São Julião, Nossa Senhora da Anunciada e Santa Maria da Graça)	3677	3	0,1
União das freguesias do Cartaxo e Vale da Pinta	2823	9	0,3
Vale da Pedra	1410	14	1,0
Vale de Cavalos	12005	1755	14,6
Vale de Santarém	1020	80	7,9
Vendas Novas	15772	3	0,0
Vila Chã de Ourique	3322	1525	45,9
Vila Franca de Xira	21287	13931	65,4
Vila Nova da Barquinha	1283	141	11,0
Vila Nova da Rainha	2490	1171	47,0

Anexo VII

Produção de efluente com base nos animais por freguesia e para os três anos do balanço

Freguesia	Produção de estrume			Freguesia	Produção de estrume		
	kg N ano-1				kg N ano-1		
	2009	1999	1989		2009	1999	1989
UF de Carregado e Cadafais	5750	3961	1	Praia do Ribatejo	146	6685	49
Rio de Moinhos	188	509	5	Tancos	131	10	5
Tramagal	6831	6513	5	Vila Nova da Barquinha	159	149	3
Constância	80	211	26	Vila Franca de Xira	191460	178404	16
Montalvo	208	258	65	Alcochete	155317	344669	121
Santa Margarida da Coutada	119	1833	4	Samouco	91	3183	897
Riachos	5425	22253	11	São Francisco	6464	49534	1410
UF de Brogueira, Parceiros de Igreja e Alcorochel	3549	1027	1	UF de Castanheira do Ribatejo e Cachoeiras	82671	80138	137
Alhos Vedros	81501	313580	741	Vendas Novas	229	86	0
Moita	157882	551410	14553	Landeira	94	81	0
UF B Banheira e Vale da Amoreira	11	11	0	Almeirim	19565	29145	42
UF Gaio-Rosário e Sarilhos Pequenos	0	0	0	Benfica do Ribatejo	10912	40373	11
Canha	2162213	830784	28	Fazendas de Almeirim	17185	63348	49
Sarilhos Grandes	280563	481068	1232	Raposa	4675	34161	33
Pegões	21253	102139	266	Alpiarça	43748	253422	70
UF Atalaia e Alto Estanqueiro-Jardia	313567	637775	1325	Aveiras de Baixo	5787	16764	29
UFMontijo e Afonsoeiro	7051	128784	6519	Azambuja	230815	305853	59
Palmela	274644	344037	564	Vila Nova da Rainha	511	279	5
Pinhal Novo	339240	743311	588	Benavente	1554081	550200	93
Quinta do Anjo	233392	906500	99	Samora Correia	1920429	950361	48
UF Poceirão e Marateca	1548468	1447691	58	Santo Estêvão	71639	93762	78
UFCortiçadas de Lavre e Lavre	30	16	0	Barrosa	43918	63428	457
Valada	2673	59697	51	UFCoruche, Fajarda e Erra	28712	34178	2
Vila Chã de Ourique	1075874	94130	77	Azinhaga	4614	7398	7
Vale de Cavalos	43883	28097	3	Golegã	16862	43693	14
Carregueira	15224	1971	1	Marinhais	138215	199806	471
UFda Chamusca e Pinheiro Grande	16002	27924	11	Muge	95267	47447	8
UF Glória do Ribatejo e Granho	20043	4614	17	Vale de Santarém	6166	8060	40
UFSalvaterra de Magos e Foros de Salvaterra	154495	327028	108	UF Marvila, Sta Iria da Rib, S. Salvado e S. Nicolau	7915	54021	16
Pombalinho	744	758	21	UF São Vicente do Paul e Vale de Figueira	142528	282920	26

Anexo VIII

Termos do Balanço Bruto de Azoto por concelho, ano 1989 (kg ano⁻¹)

Concelho	Fertilizantes minerais	Fertilizantes Orgânicos	Deposição atmosférica	Água de rega	Fixação biológica	Resíduos de culturas anteriores	Exportação
Alenquer	11614	662	714	491	101	341	2623
Azambuja	353846	256359	19106	15213	3227	34235	164012
Vila Franca de Xira	780377	291595	35158	31021	21629	129337	417365
Abrantes	40859	7421	2041	3376	863	-488	16881
Almeirim	1353012	307044	89821	59262	5129	75754	357893
Alpiarça	962010	328001	50289	507382	5823	63717	356224
Benavente	2927761	1892397	195201	171943	109182	147050	1649947
Cartaxo	479271	252874	25693	16870	515	59782	181658
Chamusca	203181	47416	10384	9126	11508	5319	104064
Constância	14896	7595	879	636	103	-240	5456
Coruche	52687	32542	3408	2993	1092	477	27148
Golegã	1012260	71080	38772	172124	3078	22371	467282
Salvaterra de Magos	937716	723680	63891	55199	31241	125160	475328
Santarém	546562	144818	25579	19626	3457	27967	233757
Torres Novas	60183	10777	2382	2241	272	772	25973
Vila N. Barquinha	3519	4302	186	166	24	486	932
Alcochete	182284	517614	11147	10030	11160	32352	114241
Moita	314865	612359	17435	17873	527	8521	194319
Montijo	985650	2572725	57823	50638	56929	54010	530324
Palmela	2629286	3225127	165171	135911	73518	85210	1006882
Montemor-o-Novo	29	16	2	1	0	4	16
Vendas Novas	103	94	4	4	29	11	77
Total ZV	13851972	11306499	815088	1282126	339405	872150	6332402

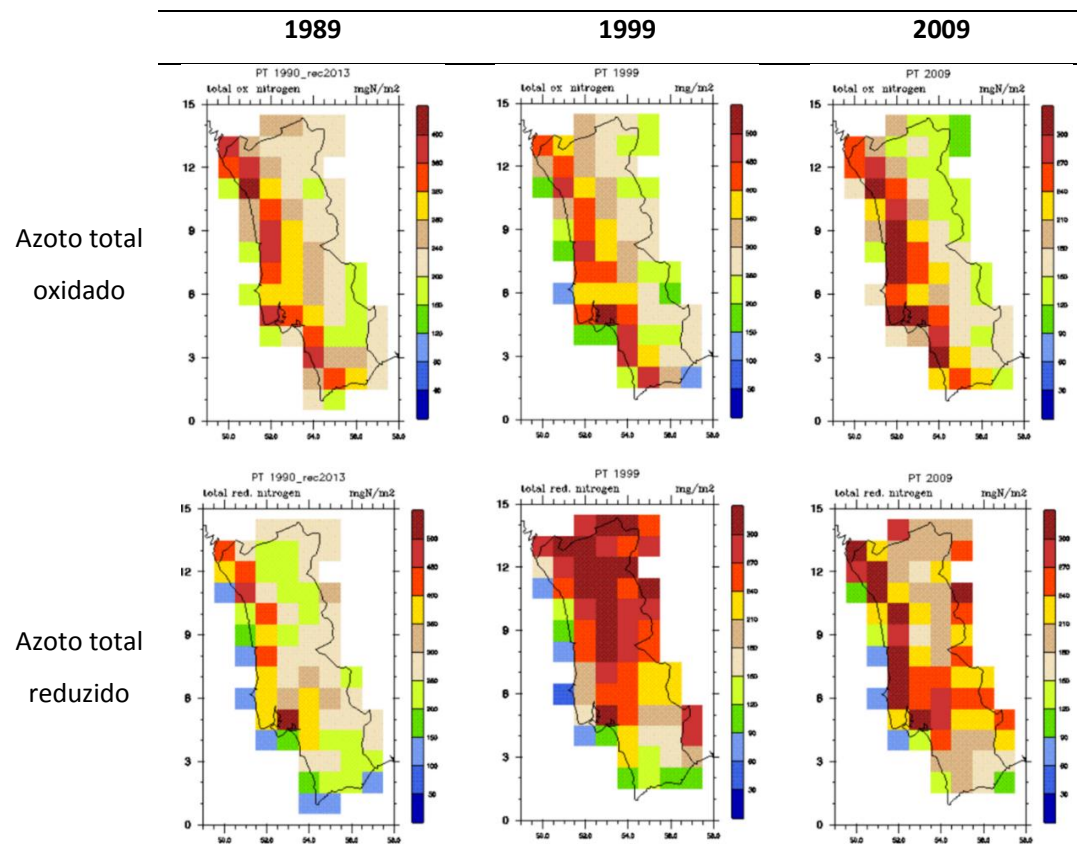
Termos do Balanço Bruto de Azoto por concelho, ano 1999 (kg ano⁻¹)

Concelho	Fertilizantes minerais	Fertilizantes Orgânicos	Deposição atmosférica	Água de rega	Fixação biológica	Resíduos de culturas anteriores	Exportação
Alenquer	27029	3622	1269	915	17	248	11073
Azambuja	439478	322896	22060	19933	3227	23347	262499
Vila Franca de Xira	725205	258542	34002	32426	21621	50570	476310
Abrantes	35203	7021	1409	2754	863	213	18030
Almeirim	1001512	167026	60367	42298	5129	137152	463495
Alpiarça	947618	253422	67816	832352	5823	118237	518784
Benavente	2756524	1657750	229160	217851	109182	132247	1824614
Cartaxo	502743	153826	23117	18930	515	69076	302956
Chamusca	158471	57992	10500	9751	13849	8431	90441
Constância	17706	2302	1024	703	103	71	5996
Coruche	55982	34178	6402	6005	4508	2679	38064
Golegã	902533	51090	37349	153170	3078	22371	532721
Salvaterra de Magos	1166011	567989	70639	65331	27445	125160	759274
Santarém	515838	352719	26746	22031	4298	27967	263245
Torres Novas	88760	23279	3530	3334	241	772	51133
Vila N. Barquinha	2059	6845	345	306	24	486	837
Alcochete	172513	397387	17095	16395	11160	32352	146674
Moita	244424	599602	12385	13239	527	8521	171274
Montijo	735579	2675399	91065	86833	56421	54010	510179
Palmela	1993130	3441539	159406	134341	88104	85210	1025588
Montemor-o-Novo	26	16	3	3	0	4	16
Vendas Novas	145	167	38	36	29	11	113
Total ZV	12488490	11034609	875726	1678939	356162	899136	7473317

Termos do Balanço Bruto de Azoto por concelho, ano 2009 (kg ano⁻¹)

Concelho	Fertilizantes minerais	Fertilizantes Orgânicos	Deposição atmosférica	Água de rega	Fixação biológica	Resíduos de culturas anteriores	Exportação
Alenquer	8803	5453	450	539	34	1441	6964
Azambuja	253254	237113	13673	16570	3227	77716	264475
Vila Franca de Xira	911297	274131	44691	56567	22038	97675	822221
Abrantes	26576	7019	1664	3765	863	1	19190
Almeirim	800466	516966	45948	44044	5129	190173	598204
Alpiarça	296316	43748	25765	330721	5823	92967	402447
Benavente	1744772	3590067	150735	186449	109182	148118	1606508
Cartaxo	391123	613918	19961	23233	515	171074	441836
Chamusca	169058	75109	13284	16512	11041	12257	138503
Constância	4598	408	260	296	103	-109	2913
Coruche	43263	28712	3923	4733	2894	3078	38266
Golegã	782038	21476	27785	148538	3078	22371	656967
Salvaterra de Magos	582754	406908	35156	44288	39345	125160	582627
Santarém	328515	157353	14026	15638	2362	27967	251910
Torres Novas	51352	8974	1819	2272	209	772	38719
Vila N. Barquinha	1928	436	108	124	24	486	1773
Alcochete	95024	221587	10845	14311	11160	32352	114883
Moita	57786	156887	4954	6954	703	8521	60900
Montijo	473517	65842	63655	80070	59174	54010	432863
Palmela	1482725	1840529	150509	173552	130523	85210	1021549
Montemor-o-Novo	15	30	5	6	0	4	13
Vendas Novas	111	323	25	32	29	11	114
Total ZV	8505294	8272989	629240	1169215	407455	1151257	7503844

Anexo IX Entradas de N a partir da deposição



Anexo X

Concentração de nitratos (mg L⁻¹) nos poços da ZVT

Concentração de nitratos (mg L⁻¹) nos poços dos Aluviões do Tejo

Poço	Localização	Nº de registos	Min.	Média	Max.	Mediana	DP	Anos
377/263	Cartaxo	4	0,7	0,8	0,8	0,8	0,10	2
364/297	Cartaxo	14	0,7	1,1	2,0	0,9	0,44	7
377/262	Cartaxo	25	0,2	0,9	2,0	0,8	0,46	12,5
377/264	Cartaxo	18	0,7	0,8	2,0	0,8	0,30	9
377/287	Cartaxo	1	2,0	2,0	2,0	2,0	NA	0,5
418/4	Benavente	28	0,2	0,9	2,0	0,9	0,41	14
404/69	Benavente	19	0,2	1,4	5,3	0,8	1,45	9,5
364/260	Cartaxo	7	0,7	3,8	8,8	4,4	3,19	3,5
364/259	Cartaxo	25	0,7	2,1	9,7	0,9	2,45	12,5
330/187	Chamusca	23	0,9	4,7	10,6	5,0	2,42	11,5
353/363	Almeirim	20	0,5	1,4	11,0	0,9	2,29	10
341/251	Chamusca	13	0,6	1,7	13,0	0,8	3,39	6,5
353/353	Alpiarça	2	4,5	9,0	13,4	9,0	6,31	1
329/6	Torres Novas	5	6,2	8,5	14,1	7,2	3,33	2,5
331/15	Abrantes	12	6,5	11,5	18,8	9,4	4,72	6
331/126	Abrantes	14	7,8	14,9	24,0	15,6	4,93	7
341/254	Golegã	20	0,7	2,9	26,0	0,9	5,91	10
391/244	Benavente	21	5,5	15,6	27,0	16,0	6,78	10,5
353/373	Chamusca	21	0,8	13,4	37,0	12,0	11,35	10,5
353/362	Santarém	13	0,6	6,5	40,0	0,8	11,70	6,5
391/404	Benavente	30	3,9	17,2	40,3	14,1	10,01	15
331/1	Abrantes	12	23,9	36,6	40,3	38,1	4,70	6
331/133	Abrantes	13	14,1	27,1	42,5	28,0	9,94	6,5
331/127	Abrantes	8	27,2	35,5	43,4	35,8	5,09	4
331/130	Abrantes	24	2,0	21,1	46,0	20,7	12,10	12
365/15	Almeirim	26	0,8	11,5	51,0	3,7	13,89	13
341/252	Golegã	15	18,0	27,4	51,4	22,0	9,94	7,5
330/186	Chamusca	15	14,0	32,4	52,8	35,6	11,75	7,5
341/255	Golegã	5	33,0	40,5	55,4	35,0	9,64	2,5
405/17	Benavente	26	0,9	12,6	57,0	3,6	16,98	13
329/341	Golegã	12	7,8	32,2	63,0	37,4	20,06	6
330/231	Chamusca	16	9,0	36,1	70,8	37,1	12,59	8
341/17	Golegã	23	0,7	24,9	73,0	0,9	31,28	11,5
377/94	Salvaterra de Magos	27	0,5	13,5	77,0	7,5	18,23	13,5
330/230	Chamusca	15	11,5	22,5	87,5	17,2	18,55	7,5
365/471	Almeirim	6	44,9	73,8	89,0	75,5	15,33	3
331/129	Abrantes	19	15,9	38,7	91,0	38,0	16,68	9,5
365/470	Almeirim	23	23,0	62,9	101,8	59,0	21,22	11,5
353/22	Alpiarça	23	58,0	89,1	110,0	93,8	14,03	11,5
353/87	Alpiarça	24	44,3	70,2	110,0	62,0	20,92	12
391/AG14	Benavente	16	11,0	43,5	110,0	42,1	22,91	8
405/AG6	Benavente	6	24,8	59,0	110,0	51,5	33,64	3
330/234	Torres Novas	22	3,9	19,4	125,9	9,5	28,30	11
342/115	Golegã	25	48,0	90,3	126,1	93,0	22,69	12,5
419/AG3	Benavente	8	59,0	87,6	130,0	87,5	22,62	4
391/33	Salvaterra de Magos	26	8,7	45,7	131,6	40,0	28,40	13
331/131	Abrantes	16	0,5	46,1	140,0	47,5	31,67	8
330/233	Golegã	26	43,0	97,0	153,0	100,4	24,50	13
342/113	Golegã	24	22,0	97,2	157,0	100,0	27,60	12
342/114	Golegã	17	9,2	107,7	160,0	110,0	38,03	8,5
418/AG49	Benavente	18	12,0	69,6	160,0	50,5	53,03	9
330/235	Golegã	16	75,3	129,2	169,0	131,4	24,83	8
330/232	Chamusca	9	107,0	127,5	182,6	119,6	25,75	4,5
341/253	Golegã	20	65,0	126,2	221,8	120,0	31,35	10
341/269	Golegã	2	3,6	161,8	320,0	161,8	223,73	1

Concentração de nitratos (mg L⁻¹) nos poços dos Aluviões do Tejo -Primavera

Poço	Nº de registos	Min.	Média	Max.	Mediana	DP	Anos
377/263	1	0,8	0,8	0,8	0,8	NA	0,5
377/264	8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,10	4,0
341/251	6	0,6	0,8	1,4	0,8	0,29	3,0
364/297	8	0,7	1,0	2,0	0,9	0,42	4,0
377/262	12	0,2	0,9	2,0	0,8	0,47	6,0
404/69	9	0,2	1,1	2,0	0,8	0,68	4,5
418/4	15	0,2	0,9	2,0	0,8	0,37	7,5
341/269	1	3,6	3,6	3,6	3,6	NA	0,5
353/353	1	4,5	4,5	4,5	4,5	NA	0,5
364/260	3	0,7	4,0	5,7	5,6	2,89	1,5
364/259	11	0,7	2,8	9,7	0,8	3,30	5,5
353/362	6	0,7	2,3	10,0	0,8	3,77	3,0
330/187	11	1,0	4,3	10,6	4,0	2,74	5,5
353/363	10	0,7	1,8	11,0	0,9	3,22	5,0
329/6	3	6,2	9,2	14,1	7,2	4,33	1,5
331/15	6	6,5	10,8	17,7	8,9	4,58	3,0
331/126	7	7,8	12,9	18,1	11,9	3,67	3,5
330/230	7	15,0	18,2	23,0	17,2	2,72	3,5
391/244	11	5,5	12,7	25,2	11,1	6,84	5,5
365/15	12	1,2	9,3	25,7	3,0	10,57	6,0
341/254	8	0,9	5,4	26,0	0,9	9,02	4,0
353/373	9	0,9	11,2	26,1	12,0	7,72	4,5
377/94	14	1,0	9,6	38,0	5,5	10,94	7,0
391/404	15	3,9	15,7	40,3	10,2	10,29	7,5
331/1	6	23,9	37,0	40,3	39,4	6,45	3,0
331/133	6	15,5	27,3	40,4	28,8	9,76	3,0
330/186	9	14,0	27,6	43,0	21,5	11,41	4,5
331/127	5	27,2	34,1	43,4	33,2	6,07	2,5
331/130	11	7,0	21,7	46,0	24,0	13,01	5,5
341/252	8	21,0	30,8	51,4	26,3	11,72	4,0
329/341	6	12,0	31,8	53,0	30,5	20,82	3,0
331/129	8	24,0	36,5	54,0	37,3	9,56	4,0
341/255	1	55,4	55,4	55,4	55,4	NA	0,5
391/AG14	7	11,0	37,5	57,0	40,0	14,93	3,5
405/17	13	0,9	19,2	57,0	8,2	20,68	6,5
330/231	8	9,0	37,6	70,8	39,9	17,38	4,0
330/234	10	3,9	17,5	71,0	9,7	20,27	5,0
341/17	12	0,7	23,4	73,0	0,9	33,27	6,0
365/470	11	23,0	55,1	84,1	54,0	17,51	5,5
365/471	3	74,1	79,4	89,0	75,0	8,35	1,5
419/AG3	4	66,0	84,8	98,0	87,5	13,74	2,0
353/22	10	58,0	87,8	110,0	92,3	16,73	5,0
353/87	11	53,0	73,0	110,0	73,0	19,76	5,5
405/AG6	4	37,0	74,3	110,0	75,0	30,71	2,0
330/233	12	56,0	98,5	124,0	100,4	21,55	6,0
342/113	10	22,0	89,5	124,0	96,0	32,34	5,0
342/115	11	70,9	103,4	126,1	106,3	16,85	5,5
391/33	13	9,0	53,6	131,6	41,6	30,25	6,5
331/131	8	10,3	59,5	140,0	53,1	36,18	4,0
342/114	8	35,0	108,3	140,0	110,8	31,63	4,0
330/232	4	109,0	126,8	159,0	119,7	22,03	2,0
418/AG49	9	18,0	74,4	160,0	42,0	63,44	4,5
341/253	9	100,0	121,6	168,3	115,1	21,15	4,5
330/235	7	99,0	138,4	169,0	140,0	23,18	3,5

Concentração de nitratos (mg L⁻¹) nos poços dos Aluviões do Tejo -Outono

Poço	Nº de registos	Min.	Média	Max.	Mediana	DP	Anos
377/263	3	0,7	0,7	0,8	0,7	0,10	1,5
353/363	10	0,5	0,9	2,0	0,8	0,42	5,0
364/297	6	0,8	1,2	2,0	0,9	0,48	3,0
377/262	13	0,6	1,0	2,0	0,8	0,47	6,5
377/264	10	0,7	0,9	2,0	0,8	0,40	5,0
377/287	1	2,0	2,0	2,0	2,0	NA	0,5
418/4	13	0,7	1,1	2,0	0,9	0,44	6,5
341/254	12	0,7	1,2	3,0	0,9	0,85	6,0
364/259	14	0,7	1,5	5,1	0,9	1,36	7,0
404/69	10	0,2	1,6	5,3	0,8	1,90	5,0
364/260	4	0,7	3,7	8,8	2,6	3,83	2,0
329/6	2	6,2	7,5	8,8	7,5	1,88	1,0
330/187	12	0,9	5,0	9,1	5,4	2,16	6,0
341/251	7	0,7	2,5	13,0	0,8	4,63	3,5
353/353	1	13,4	13,4	13,4	13,4	NA	0,5
331/15	6	7,0	12,3	18,8	10,6	5,16	3,0
331/126	7	9,7	16,9	24,0	17,2	5,45	3,5
391/244	10	11,1	18,7	27,0	17,5	5,42	5,0
405/17	13	0,9	6,1	27,9	2,0	8,98	6,5
405/AG6	2	24,8	28,4	32,0	28,4	5,09	1,0
341/252	7	18,0	23,5	35,0	21,6	6,09	3,5
353/373	12	0,8	15,1	37,0	14,5	13,56	6,0
391/404	15	9,3	18,7	37,7	16,0	9,84	7,5
331/1	6	31,9	36,2	39,0	37,1	2,57	3,0
331/130	13	2,0	20,7	39,0	20,3	11,80	6,5
331/127	3	35,8	37,9	39,8	38,0	2,00	1,5
353/362	7	0,6	10,0	40,0	0,8	15,17	3,5
331/133	7	14,1	27,0	42,5	27,4	10,87	3,5
330/231	8	24,4	34,6	43,0	36,4	5,70	4,0
341/255	4	33,0	36,7	45,0	34,5	5,54	2,0
365/15	14	0,8	13,3	51,0	3,7	16,39	7,0
330/186	6	26,8	39,5	52,8	39,3	8,71	3,0
329/341	6	7,8	32,5	63,0	37,4	21,25	3,0
341/17	11	0,7	26,5	70,8	0,9	30,50	5,5
331/131	8	0,5	32,8	71,0	34,5	20,83	4,0
377/94	13	0,5	17,7	77,0	8,5	23,55	6,5
365/471	3	44,9	68,3	84,0	76,0	20,64	1,5
391/33	13	8,7	37,8	86,3	32,0	25,07	6,5
330/230	8	11,5	26,3	87,5	17,0	25,43	4,0
331/129	11	15,9	40,3	91,0	38,0	20,74	5,5
353/87	13	44,3	67,8	100,0	62,0	22,36	6,5
365/470	12	36,3	70,0	101,8	77,0	22,47	6,0
353/22	13	63,0	90,0	106,3	93,8	12,20	6,5
391/AG14	9	15,0	48,2	110,0	48,0	27,57	4,5
342/115	14	48,0	80,0	113,7	77,5	21,74	7,0
330/234	12	4,3	21,0	125,9	9,5	34,44	6,0
418/AG49	9	12,0	64,7	130,0	59,0	43,56	4,5
419/AG3	4	59,0	90,5	130,0	86,5	31,35	2,0
330/233	14	43,0	95,6	153,0	100,6	27,52	7,0
330/235	9	75,3	122,1	153,0	126,8	24,96	4,5
342/113	14	53,0	102,6	157,0	103,2	23,37	7,0
342/114	9	9,2	107,1	160,0	110,0	44,90	4,5
330/232	5	107,0	128,0	182,6	119,6	31,01	2,5
341/253	11	65,0	130,0	221,8	120,0	38,41	5,5
341/269	1	320,0	320,0	320,0	320,0	NA	0,5

Concentração de nitratos (mg L⁻¹) nos poços do Aquífero semi-confinado Margem Esquerda/
Direita

Poço	N ° de registos	Min.	Média	Max.	Mediana	DP	Anos
365/18	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,00	1
404/73	3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,00	1,5
353/26	6	0,2	0,5	0,8	0,4	0,29	3
391/477	4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,00	2
341/241	15	0,2	0,9	2,0	0,8	0,49	7,5
341/242	10	0,2	0,8	2,0	0,8	0,50	5
353/30	9	0,2	0,7	2,0	0,7	0,55	4,5
365/27	14	0,5	1,0	2,0	1,0	0,38	7
391/266	8	0,2	0,7	2,0	0,7	0,60	4
391/280	8	0,2	0,7	2,0	0,6	0,60	4
405/86	15	0,2	0,8	2,0	0,8	0,41	7,5
432/724	11	0,2	0,9	2,0	0,8	0,60	5,5
432/963	4	0,9	1,4	2,2	1,3	0,56	2
443/733	4	2,5	2,6	2,6	2,6	0,04	2
443/1118	4	1,8	2,4	3,0	2,4	0,48	2
377/236	8	0,6	1,6	3,5	1,4	1,04	4
378/57	10	0,8	2,0	3,9	1,8	1,00	5
445/63	12	0,4	2,1	4,6	1,7	1,36	6
443/1294	4	1,8	3,5	5,7	3,2	1,78	2
432/740	13	0,7	1,5	5,9	0,9	1,41	6,5
443/48	13	2,4	4,1	7,0	3,6	1,26	6,5
443/920	8	2,0	5,1	8,8	4,4	2,75	4
444/10	15	5,7	6,9	9,0	7,0	1,03	7,5
329/150	5	2,5	6,4	10,5	6,3	2,82	2,5
444/456	4	6,3	9,0	12,0	8,9	2,34	2
420/105	4	1,2	9,8	13,0	12,5	5,75	2
443/734	6	7,4	9,4	13,3	9,2	2,14	3
341/240	8	0,2	2,6	16,4	0,8	5,55	4
329/10	8	10,2	15,2	18,9	15,2	2,46	4
443/922	10	2,4	10,0	21,2	4,1	8,68	5
432/549	15	7,7	14,6	22,0	15,0	3,95	7,5
433/AG74	8	2,0	11,2	23,0	11,0	7,22	4
378/63	13	0,2	7,3	26,0	0,8	9,32	6,5
434/AG54	7	7,8	20,5	31,0	26,0	10,33	3,5
443/46	15	15,0	29,4	39,8	30,0	6,94	7,5
443/940	5	29,7	36,7	42,3	39,0	5,17	2,5
443/263	15	20,6	32,5	51,0	31,7	7,12	7,5
444/AG71	3	2,0	26,4	75,3	2,0	42,30	1,5
365/AG19	2	110,0	115,0	120,0	115,0	7,07	1
433/AG50	7	13,0	56,6	140,0	30,0	54,10	3,5
365/AG25	7	88,6	131,2	200,0	110,0	42,44	3,5
433/AG76	9	28,0	77,6	250,0	52,0	68,49	4,5

Concentração de nitratos (mg L⁻¹) nos poços do Aquífero semi-confinado Margem
Esquerda/Direita – Primavera

Poço	N ° de registos	Min.	Média	Max.	Mediana	DP	Anos
365/18	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,00	1
404/73	3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,00	1,5
353/26	6	0,2	0,5	0,8	0,4	0,29	3
391/477	4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,00	2
341/241	15	0,2	0,9	2,0	0,8	0,49	7,5
341/242	10	0,2	0,8	2,0	0,8	0,50	5
353/30	9	0,2	0,7	2,0	0,7	0,55	4,5
365/27	14	0,5	1,0	2,0	1,0	0,38	7
391/266	8	0,2	0,7	2,0	0,7	0,60	4
391/280	8	0,2	0,7	2,0	0,6	0,60	4
405/86	15	0,2	0,8	2,0	0,8	0,41	7,5
432/724	11	0,2	0,9	2,0	0,8	0,60	5,5
432/963	4	0,9	1,4	2,2	1,3	0,56	2
443/733	4	2,5	2,6	2,6	2,6	0,04	2
443/1118	4	1,8	2,4	3,0	2,4	0,48	2
377/236	8	0,6	1,6	3,5	1,4	1,04	4
378/57	10	0,8	2,0	3,9	1,8	1,00	5
445/63	12	0,4	2,1	4,6	1,7	1,36	6
443/1294	4	1,8	3,5	5,7	3,2	1,78	2
432/740	13	0,7	1,5	5,9	0,9	1,41	6,5
443/48	13	2,4	4,1	7,0	3,6	1,26	6,5
443/920	8	2,0	5,1	8,8	4,4	2,75	4
444/10	15	5,7	6,9	9,0	7,0	1,03	7,5
329/150	5	2,5	6,4	10,5	6,3	2,82	2,5
444/456	4	6,3	9,0	12,0	8,9	2,34	2
420/105	4	1,2	9,8	13,0	12,5	5,75	2
443/734	6	7,4	9,4	13,3	9,2	2,14	3
341/240	8	0,2	2,6	16,4	0,8	5,55	4
329/10	8	10,2	15,2	18,9	15,2	2,46	4
443/922	10	2,4	10,0	21,2	4,1	8,68	5
432/549	15	7,7	14,6	22,0	15,0	3,95	7,5
433/AG74	8	2,0	11,2	23,0	11,0	7,22	4
378/63	13	0,2	7,3	26,0	0,8	9,32	6,5
434/AG54	7	7,8	20,5	31,0	26,0	10,33	3,5
443/46	15	15,0	29,4	39,8	30,0	6,94	7,5
443/940	5	29,7	36,7	42,3	39,0	5,17	2,5
443/263	15	20,6	32,5	51,0	31,7	7,12	7,5
444/AG71	3	2,0	26,4	75,3	2,0	42,30	1,5
365/AG19	2	110,0	115,0	120,0	115,0	7,07	1
433/AG50	7	13,0	56,6	140,0	30,0	54,10	3,5
365/AG25	7	88,6	131,2	200,0	110,0	42,44	3,5
433/AG76	9	28,0	77,6	250,0	52,0	68,49	4,5

Concentração de nitratos (mg L⁻¹) nos poços do Aquífero semi-confinado Margem
Esquerda/Direita - Outono

Poço	Nº de registos	Min.	Média	Max.	Mediana	DP	Anos
365/18	1	0,2	0,2	0,2	0,2	NA	0,5
404/73	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,00	1
432/787	1	0,7	0,7	0,7	0,7	NA	0,5
341/240	8	0,2	0,6	0,8	0,7	0,28	4
353/26	5	0,2	0,5	0,8	0,7	0,31	2,5
341/242	9	0,2	0,7	0,9	0,8	0,22	4,5
353/30	9	0,2	0,7	0,9	0,8	0,22	4,5
432/724	9	0,2	0,6	0,9	0,7	0,27	4,5
391/280	7	0,2	0,7	1,5	0,8	0,46	3,5
391/477	3	0,9	1,3	2,0	0,9	0,64	1,5
432/963	4	0,9	1,2	2,0	0,9	0,56	2
443/1294	3	2,1	2,5	2,8	2,5	0,35	1,5
365/27	16	0,5	1,2	3,0	0,9	0,61	8
341/241	14	0,2	1,0	3,3	0,9	0,75	7
378/57	11	1,2	2,3	4,0	2,0	0,79	5,5
443/733	4	2,2	2,8	4,0	2,4	0,83	2
391/266	10	0,2	1,5	4,0	0,9	1,37	5
405/86	13	0,7	1,3	4,0	0,9	0,93	6,5
443/1118	4	1,8	2,6	4,0	2,3	0,99	2
445/63	13	0,6	2,2	5,0	2,2	1,40	6,5
432/740	12	0,7	1,8	6,6	0,9	1,70	6
443/48	10	2,5	4,1	6,7	3,7	1,21	5
443/920	8	2,8	4,3	7,0	3,7	1,60	4
329/150	5	3,1	5,3	7,0	5,4	1,42	2,5
444/10	10	5,7	7,4	9,7	7,3	1,12	5
377/236	9	0,8	3,1	10,0	2,2	2,76	4,5
444/456	4	3,0	7,6	10,0	8,7	3,13	2
420/105	3	4,7	8,9	12,0	10,0	3,77	1,5
432/549	15	12,8	16,2	21,0	15,9	2,48	7,5
329/10	8	9,7	16,1	25,2	15,6	4,53	4
433/AG74	8	2,0	14,7	26,0	12,6	8,01	4
443/922	9	2,3	11,6	27,8	8,8	9,64	4,5
378/63	16	0,7	5,9	31,0	1,2	8,66	8
443/734	6	8,4	13,0	33,6	9,1	10,07	3
434/AG54	8	2,0	15,2	39,0	10,0	11,84	4
443/46	12	16,8	27,5	40,7	25,1	7,72	6
443/940	6	24,8	36,2	53,1	34,4	9,70	3
443/263	13	22,1	34,3	53,2	32,0	10,09	6,5
444/AG71	1	70,8	70,8	70,8	70,8	NA	0,5
433/AG76	7	8,8	39,1	92,0	35,0	28,62	3,5
365/AG19	3	86,0	91,0	94,0	93,0	4,36	1,5
365/AG25	9	44,0	112,8	170,0	110,0	44,87	4,5
433/AG50	8	0,9	33,5	170,0	1,5	58,78	4

Anexo XI

Balanço Bruto de Azoto por cultura e por Freguesia (kg ano⁻¹)

Concelhos/Freguesias/culturas	Área cultura (ha)	Entradas de N (kg/ano)						Exportação de N (kg/ano)	N em excesso (kg/ano)	
		Fertilizantes minerais	Fertilizantes Orgânicos	Deposição atmosférica	Água de rega	Fixação biológica	Resíduos de culturas			
Alenquer_ União das Freguesias de Cadafais e Carregado										
Milho	8	2142	576	45	62,0	0	-164	1620	1041	
Cereais de inverno	6	812	414	32	0,0	0	0	633	626	
Arroz	4	617	0	23	62,4	0	0	328	375	
Leguminosas temporárias e permanentes	5	0	348	27	34,0	34	3	34	412	
Forragem	6	639	428	34	47,6	0	2	564	586	
Horto-industriais e horticolas	21	1734	1464	115	139,5	0	1601	2807	2246	
Pomares	13	1160	946	74	142,0	0	0	698	1624	
Citrinos	0	42	18	1	2,7	0	0	30	34	
Pomares frutos secos	0	13	9	1	0,5	0	0	11	13	
Olival	1	51	36	3	2,0	0	0	18	73	
Vinha	17	1593	1214	95	46,3	0	0	221	2727	
Total	82	8803	5453	450	539	34	1441	6964	9756	
Azambuja_ Aveiras de Baixo										
Milho	3	676	324	14	19,6	0	-52	512	471	
Cereais de inverno	2	256	233	10	0,0	0	0	200	300	
Arroz	1	195	167	7	19,7	0	0	104	286	
Leguminosas temporárias e permanentes	32	0	3989	175	219,1	217	3	217	4386	
Forragem	0	48	58	3	3,6	0	2	43	71	
Horto-industriais e horticolas	2	126	189	8	10,1	0	116	204	246	
Pomares	1	110	159	7	13,4	0	0	66	223	
Citrinos	1	190	144	6	12,3	0	0	135	218	
Pomares frutos secos	1	58	68	3	2,2	0	0	46	85	
Olival	1	139	174	8	5,6	0	0	51	276	
Vinha	2	207	280	12	6,0	0	0	29	6562	
Total	46	2005	5787	255	312	217	69	1604	13124	
Azambuja_ Azambuja										
Milho	185	48407	20172	1019	1402,0	0	-3706	36618	30676	
Cereais de inverno	133	18350	14506	733	0,0	0	0	14299	19289	
Arroz	96	13949	10426	527	1410,7	0	0	7421	18891	
Leguminosas temporárias e permanentes	402	0	43748	2210	2760,7	2991	3	2991	48721	
Forragem	119	12472	12943	654	927,4	0	2	10999	16000	
Horto-industriais e horticolas	1066	88674	116019	5862	7135,8	0	81870	143556	156006	
Pomares	8	649	820	41	79,4	0	0	390	1199	
Citrinos	5	886	586	30	57,6	0	0	628	930	
Pomares frutos secos	5	513	527	27	19,5	0	0	406	680	
Olival	17	1668	1816	92	67,0	0	0	605	3037	
Vinha	85	7835	9253	468	227,7	0	0	1088	16695	
Total	2120	193402	230815	11662	14088	2991	78168	219001	312125	
Azambuja_ Vila Nova da Rainha										
Milho	126	32791	201	690	949,7	0	-2511	24805	7316	
Cereais de inverno	90	12430	145	496	0,0	0	0	9686	3385	
Arroz	65	9449	104	357	955,6	0	0	5027	5838	
Leguminosas temporárias e permanentes	3	0	5	16	19,4	19	3	19	42	
Forragem	9	936	14	49	69,7	0	2	826	245	
Horto-industriais e horticolas	26	2151	41	142	173,1	0	1986	3483	1012	
Pomares	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	
Citrinos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	
Olival	0	47	1	3	1,9	0	0	17	35	
Vinha	0	43	1	3	1,3	0	0	6	42	
Total	319	57847	511	1756	2171	19	-520	43869	17915	
Vila Franca de Xira_ UF Castanheira do Ribatejo e Cachoeiras										
Milho	21	5480	3575	115	158,7	0	-420	4146	4764	
Cereais de inverno	15	2077	2571	83	0,0	0	0	1619	3112	
Arroz	11	1579	1848	60	159,7	0	0	840	2806	
Leguminosas temporárias e permanentes	54	0	9150	295	368,9	492	3	492	9817	
Forragem	5	555	902	29	41,3	0	2	490	1039	
Horto-industriais e horticolas	11	944	1933	62	76,0	0	871	1528	2359	
Pomares	5	412	816	0	50,5	0	0	248	1031	
Citrinos	1	125	129	0	8,1	0	0	88	173	
Pomares frutos secos	1	53	86	0	2,0	0	0	42	99	
Olival	0	25	43	1	1,0	0	0	9	61	
Vinha	47	4322	7990	258	125,6	0	0	600	12095	
Total	170	15573	29043	904	992	492	456	10103	37357	
Vila Franca de Xira_ Vila Franca de Xira										
Milho	1393	363778	42683	7659	10535,6	0	-27852	275183	121620	
Cereais de inverno	1001	137898	30693	5508	0,0	0	0	107457	66642	
Arroz	720	104826	22061	3959	10601,6	0	0	55769	85678	
Leguminosas temporárias e permanentes	1785	0	54718	9819	12263,2	21546	3	21546	76803	
Forragem	1402	147048	42964	7710	10933,5	0	2	129666	78990	
Horto-industriais e horticolas	1628	135462	49904	8955	10900,9	0	125068	219301	110989	
Pomares	12	1071	381	0	131,0	0	0	644	939	
Citrinos	4	646	120	0	42,1	0	0	459	350	
Pomares frutos secos	19	2009	582	0	76,2	0	0	1591	1076	
Olival	4	393	120	22	15,8	0	0	142	408	
Vinha	28	2593	862	155	75,4	0	0	360	3326	
Total	7997	895724	245088	43787	55575	21546	97220	812118	546822	
Abrantes_ Rio de Moinhos										
Milho	12	2813	40	64	560,2	0	-233	2307	937	
Cereais de inverno	8	1156	28	46	0,0	0	0	901	330	
Arroz	6	879	20	33	88,9	0	0	467	554	
Leguminosas temporárias e permanentes	16	0	55	88	110,5	107	3	107	256	
Forragem	0	14	0	1	1,1	0	2	13	5	
Horto-industriais e horticolas	12	989	40	65	79,6	0	913	1601	486	
Pomares	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	
Citrinos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	
Olival	1	116	4	6	4,7	0	0	42	89	
Vinha	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	
Total	55	5967	188	305	845	107	683	5437	2657	

Abrantes Tramagal									
Milho	34	8276	929	189	1648,0	0	-687	6785	3569
Cereais de inverno	25	3400	668	136	0,0	0	0	2650	1554
Arroz	18	2585	480	98	261,4	0	0	1375	2049
Leguminosas temporárias e permanentes	111	0	3011	612	764,5	757	3	757	4390
Forragem	0	24	7	1	1,9	0	2	22	13
Horto-industriais e horticolas	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Pomares	1	83	26	0	10,1	0	0	50	0
Citrinos	0	79	13	0	5,2	0	0	56	0
Pomares frutos secos	4	407	104	0	15,5	0	0	322	0
Olival	42	4182	1132	230	168,0	0	0	1517	4195
Vinha	17	1573	462	94	45,7	0	0	218	1956
Total	253	20609	6831	1360	2920	757	-683	13753	17727
Almeirim Almeirim									
Milho	289	75440	36015	1588	2185	0	-5776	57068	52385
Cereais de inverno	208	28597	25898	1142	0	0	0	22285	33353
Arroz	149	21739	18615	821	2199	0	0	11565	31808
Leguminosas temporárias e permanentes	378	0	47138	2079	2596	2570	3	2570	51816
Forragem	22	2307	2743	121	172	0	2	2035	3310
Horto-industriais e horticolas	1079	89768	134555	5934	7224	0	82880	145327	175035
Pomares	69	5941	8605	379	727	0	0	3573	12079
Citrinos	44	7244	5487	242	471	0	0	5139	8305
Pomares frutos secos	101	10692	12595	555	406	0	0	8466	15782
Olival	16	1600	1995	88	64	0	0	580	3167
Vinha	1528	140821	190547	8404	4092	0	0	19558	324306
Total	3883	384151	484194	21355	20136	2570	77108	278167	711347
Almeirim Benfica do Ribatejo T									
Milho	71	18599	443	392	538,7	0	-1424	14069	4478
Cereais de inverno	51	7050	318	282	0,0	0	0	5494	2156
Arroz	37	5359	229	202	542,0	0	0	2851	3481
Leguminosas temporárias e permanentes	14	0	87	77	96,2	221	3	221	263
Forragem	6	629	37	33	46,8	0	2	555	192
Horto-industriais e horticolas	1023	85110	6360	5627	6849,0	0	78580	137786	44739
Pomares	13	1119	81	72	137,0	0	0	673	735
Citrinos	5	823	31	28	53,6	0	0	584	351
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	5	500	31	28	20,1	0	0	181	397
Vinha	530	48846	3295	2915	1419,3	0	0	6784	49691
Total	1755	168036	10912	9654	9703	221	77160	169200	106486
Almeirim Fazendas de Almeirim T									
Milho	78	20306	585	428	588,1	0	-1555	15361	4992
Cereais de inverno	56	7698	421	307	0,0	0	0	5998	2428
Arroz	40	5851	303	221	591,8	0	0	3113	3854
Leguminosas temporárias e permanentes	124	0	932	681	850,3	842	3	842	2466
Forragem	16	1675	120	88	124,6	0	2	1477	531
Horto-industriais e horticolas	481	40030	3623	2646	3221,3	0	36958	64805	21674
Pomares	189	16245	1421	1038	1988,1	0	0	9770	10922
Citrinos	54	8875	406	296	577,4	0	0	6296	3859
Pomares frutos secos	12	1268	90	66	48,1	0	0	1004	468
Olival	30	2994	226	165	120,3	0	0	1086	2419
Vinha	1203	110858	9058	6616	3221,3	0	0	15397	114357
Total	2282	215801	17185	12552	11331	842	35408	125150	167968
Almeirim Raposa									
Milho	54	14010	578	295	405,8	0	-1073	10598	3618
Cereais de inverno	39	5311	415	212	0,0	0	0	4138	1800
Arroz	28	4037	298	152	408,3	0	0	2148	2749
Leguminosas temporárias e permanentes	220	0	2368	1210	1510,7	1496	3	1496	5091
Forragem	39	4086	420	214	303,9	0	2	3604	1422
Horto-industriais e horticolas	20	1696	220	112	136,5	0	1566	2746	985
Pomares	0	31	4	2	3,8	0	0	19	22
Citrinos	0	60	4	2	3,9	0	0	43	27
Pomares frutos secos	6	655	67	34	24,9	0	0	519	262
Olival	1	73	8	4	2,9	0	0	26	61
Vinha	27	2517	294	150	73,1	0	0	350	2685
Total	434	32477	4675	2388	2874	1496	498	25686	18721
Alpiarça Alpiarça									
Milho	563	122720	5261	3098	53133,6	0	-11267	111317	61629
Cereais de inverno	405	55783	3783	2228	0,0	0	0	43469	18325
Arroz	291	0	2719	1601	53466,4	0	0	22560	35227
Leguminosas temporárias e permanentes	448	0	4184	2464	38363,8	5823	3	5823	45014
Forragem	81	4874	756	445	7876,0	0	2	7492	6461
Horto-industriais e horticolas	1357	0	12672	7463	113260,0	0	104230	182763	54863
Pomares	83	0	775	456	10903,8	0	0	4298	7837
Citrinos	40	4129	374	220	5341,7	0	0	4672	5392
Pomares frutos secos	8	663	75	44	400,6	0	0	671	511
Olival	58	4463	542	319	2904,5	0	0	2103	6125
Vinha	1350	103685	12607	7425	45070,3	0	0	17279	151507
Total	4684	296316	43748	25765	330721	5823	92967	402447	392892
Benavente Benavente									
Milho	1115	291286	204368	6133	8436,2	0	-22302	220346	267575
Cereais de inverno	802	110419	146961	4410	0,0	0	0	86044	175746
Arroz	576	83937	105628	3170	8489,0	0	0	44656	156569
Leguminosas temporárias e permanentes	3527	0	646343	19397	24225,1	28680	3	28680	689967
Forragem	808	84801	148158	4446	6305,3	0	2	74778	168934
Horto-industriais e horticolas	1561	129849	286042	8584	10449,2	0	119886	210214	344596
Pomares	22	1863	3965	119	228,0	0	0	1120	5055
Citrinos	15	2429	2704	81	158,0	0	0	1723	3648
Pomares frutos secos	7	729	1262	38	27,7	0	0	577	1479
Olival	6	590	1081	32	23,7	0	0	214	1514
Vinha	41	3807	7570	227	110,6	0	0	529	11186
Total	8480	709710	1554081	46638	58453	28680	97587	668881	1826269

Benavente, Samora Correia									
Milho	950	248073	107705	5223	7184,6	0	-18994	187657	161535
Cereais de inverno	683	94037	77451	3756	0,0	0	0	73279	101965
Arroz	491	71485	55668	2700	7229,6	0	0	38031	99051
Leguminosas temporárias e permanentes	10610	0	1203249	58353	72877,6	75184	3	75184	1334482
Forragem	2057	215794	233304	11314	16045,0	0	2	190286	286173
Horto-industriais e horticolas	883	73432	100101	4854	5909,2	0	67797	118879	133214
Pomares	10	861	1134	55	105,3	0	0	518	1637
Citrinos	8	1317	907	44	85,7	0	0	934	1419
Pomares frutos secos	1031	109103	116879	5668	4139,8	0	0	86388	149402
Olival	46	4598	5215	253	184,7	0	0	1668	8582
Vinha	166	15292	18818	913	444,4	0	0	2124	33344
Total	16933	833990	1920429	93133	114206	75184	48808	774946	2310804
Benavente, Santo Estêvão									
Milho	288	75163	12301	1583	2176,9	0	-5755	56858	28611
Cereais de inverno	207	28492	8846	1138	0,0	0	0	22203	16273
Arroz	149	21659	6358	818	2190,5	0	0	11523	19502
Leguminosas temporárias e permanentes	707	0	30206	3886	4853,5	4936	3	4936	38948
Forragem	199	20862	8502	1094	1551,2	0	2	18396	13614
Horto-industriais e horticolas	97	8065	4144	533	649,0	0	7446	13057	7781
Pomares	7	602	299	38	73,7	0	0	362	651
Citrinos	3	494	128	16	32,1	0	0	350	320
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	2	200	85	11	8,0	0	0	72	232
Vinha	18	1658	769	99	48,2	0	0	230	2344
Total	1676	157195	71639	9217	11583	4936	1695	127988	128277
Benavente, Barrosa									
Milho	76	19728	10443	415	571,4	0	-1510	14923	14724
Cereais de inverno	54	7478	7509	299	0,0	0	0	5828	9459
Arroz	39	5685	5397	215	574,9	0	0	3024	8847
Leguminosas temporárias e permanentes	40	0	5522	220	274,3	382	3	382	6018
Forragem	76	7958	10491	417	591,8	0	2	7018	12442
Horto-industriais e horticolas	20	1661	2761	110	133,7	0	1534	2689	3510
Pomares	1	86	138	5	10,5	0	0	52	188
Citrinos	1	164	138	5	10,7	0	0	117	202
Pomares frutos secos	7	740	966	38	28,1	0	0	586	1187
Olival	1	100	138	5	4,0	0	0	36	211
Vinha	3	276	414	16	8,0	0	0	38	676
Total	318	43877	43918	1747	2207	382	27	34694	57464
Cartaxo, Valada									
Milho	332	86645	56052	1824	2509	0	-6634	65543	74853
Cereais de inverno	239	32845	40307	1312	0	0	0	25594	48869
Arroz	171	24968	28971	943	2525	0	0	13283	44123
Leguminosas temporárias e permanentes	64	0	10777	351	438	108	3	108	11569
Forragem	9	940	1516	49	70	0	2	830	1747
Horto-industriais e horticolas	2080	173024	351440	11438	13924	0	159747	280110	429463
Pomares	3	257	505	16	32	0	0	155	656
Citrinos	2	328	337	11	21	0	0	233	464
Pomares frutos secos	17	1793	2863	93	68	0	0	1420	3397
Olival	1	100	168	5	4	0	0	36	241
Vinha	121	11113	20376	663	323	0	0	1543	30931
Total	3038	332012	513311	16707	19914	108	153117	388856	646313
Cartaxo, Vila Chã de Ourique									
Milho	44	11474	7468	242	332	0	-878	8679	9958
Cereais de inverno	32	4349	5370	174	0	0	0	3389	6504
Arroz	23	3306	3860	125	334	0	0	1759	5866
Leguminosas temporárias e permanentes	43	0	7259	235	293	406	3	406	7790
Forragem	23	2407	3903	126	179	0	2	2123	4493
Horto-industriais e horticolas	245	20396	41682	1348	1641	0	18831	33019	50879
Pomares	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrinos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomares frutos secos	8	875	1405	45	33	0	0	693	1666
Olival	29	2892	4918	159	116	0	0	1049	7036
Vinha	146	13412	24744	800	390	0	0	1863	37483
Total	592	59111	100608	3255	3319	406	17956	52980	131675
Chamusca, UF Pinheiro Grande e Chamusca									
Milho	177	46336	3804	976	1342	0	-3548	35051	13858
Cereais de inverno	128	17565	2735	702	0	0	0	13687	7314
Arroz	92	13352	1966	504	1350	0	0	7103	10069
Leguminosas temporárias e permanentes	103	0	2201	564	705	767	3	0	4239
Forragem	41	4268	872	224	317	0	2	3764	1919
Horto-industriais e horticolas	154	12852	3312	850	1034	0	11866	20806	9108
Pomares	17	1488	371	95	182	0	0	895	1241
Citrinos	15	2431	317	81	158	0	0	1724	1262
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olival	19	1872	402	103	75	0	0	679	1773
Vinha	1	100	23	6	3	0	0	14	118
Total	746	100263	16002	4104	5167	767	8322	83724	50901
Chamusca, Vale de Cavalos									
Milho	65	17049	2952	359	494	0	-1305	12897	6651
Cereais de inverno	47	6463	2123	258	0	0	0	5036	3808
Arroz	34	4913	1526	186	497	0	0	2614	4507
Leguminosas temporárias e permanentes	656	0	29663	3607	4505	6082	3	0	43860
Forragem	68	7178	3095	376	534	0	2	6330	4855
Horto-industriais e horticolas	51	4258	2315	281	343	0	3931	6893	4235
Pomares	0	25	13	2	3	0	0	15	28
Citrinos	0	24	7	1	2	0	0	17	16
Pomares frutos secos	26	2725	1164	142	103	0	0	2157	1976
Olival	4	409	185	23	16	0	0	148	485
Vinha	19	1711	840	102	50	0	0	238	2466
Total	970	44754	43883	5336	6546	6082	2630	36345	72887

Chamusca, Carrequeira									
Milho	34	8884	741	187	257	0	-680	6720	2669
Cereais de inverno	24	3367	533	135	0	0	0	2624	1411
Arroz	18	2560	383	97	259	0	0	1362	1937
Leguminosas temporárias e permanentes	532	0	11581	2924	3651	4191	3	0	22349
FORAGEM	18	1855	385	97	138	0	2	1636	841
Horto-industriais e horticolas	26	2146	562	142	173	0	1982	3475	1530
Pomares	10	894	226	57	109	0	0	538	749
Citrinos	10	1576	209	53	103	0	0	1118	822
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olival	26	2580	562	142	104	0	0	936	2452
Vinha	2	179	42	11	5	0	0	25	213
Total	699	24041	15224	3843	4799	4191	1306	18433	34971
Constância, Constância									
Milho	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cereais de inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leguminosas temporárias e permanentes	5	0	40	27	33	33	3	0	135
FORAGEM	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Horto-industriais e horticolas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomares	0	40	4	3	5	0	0	24	27
Citrinos	0	76	4	3	5	0	0	54	33
Pomares frutos secos	0	24	2	1	1	0	0	19	9
Olival	4	368	31	20	15	0	0	134	300
Vinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	10	508	80	53	59	33	4	231	507
Constância, Montalvo									
Milho	2	466	21	10	13,5	0	-36	352	122
Cereais de inverno	1	177	15	7	0,0	0	0	138	61
Arroz	1	134	11	5	13,6	0	0	71	93
Leguminosas temporárias e permanentes	5	0	65	30	37,2	37	3	0	171
FORAGEM	1	98	11	5	7,4	0	2	87	36
Horto-industriais e horticolas	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Pomares	1	122	17	8	14,9	0	0	73	88
Citrinos	1	116	8	4	7,6	0	0	83	54
Pomares frutos secos	0	25	3	1	0,9	0	0	20	10
Olival	4	448	54	25	18,0	0	0	162	382
Vinha	0	22	3	1	0,6	0	0	3	23
Total	17	1608	208	96	114	37	-32	990	1041
Constância, Santa Margarida da Coutada									
Milho	4	1152	26	24	33,4	0	-88	871	276
Cereais de inverno	3	437	19	17	0,0	0	0	340	133
Arroz	2	332	13	13	33,6	0	0	177	215
Leguminosas temporárias e permanentes	5	0	29	27	33,3	33	3	33	91
FORAGEM	0	4	0	0	0,3	0	2	4	2
Horto-industriais e horticolas	0	4	0	0	0,3	0	3	6	2
Pomares	0	7	1	0	0,9	0	0	4	5
Citrinos	0	14	1	0	0,9	0	0	10	6
Pomares frutos secos	1	141	8	7	5,3	0	0	111	50
Olival	4	365	21	20	14,6	0	0	132	289
Vinha	0	28	2	2	0,8	0	0	4	28
Total	20	2482	119	111	123	33	-81	1693	1096
Coruche, União de freguesias de Coruche, Fajarda e Erra									
Milho	63	16530	2548	348	478,7	0	-1266	12505	6135
Cereais de inverno	46	6266	1832	250	0,0	0	0	4883	3466
Arroz	33	4763	1317	180	481,7	0	0	2534	4208
Leguminosas temporárias e permanentes	410	0	16513	2256	2817,6	2894	3	2894	21590
FORAGEM	32	3307	1269	173	245,9	0	2	2917	2080
Horto-industriais e horticolas	56	4700	2274	311	378,2	0	4340	7609	4394
Pomares	4	332	155	21	40,7	0	0	200	350
Citrinos	3	501	123	17	32,6	0	0	356	318
Pomares frutos secos	45	4737	1801	246	179,7	0	0	3751	3213
Olival	14	1441	580	79	57,9	0	0	523	1636
Vinha	7	684	299	41	19,9	0	0	95	948
Total	713	43263	28712	3923	4733	2894	3078	38266	48337
Golegã, Azinhaga									
Milho	781	203955	1642	4294	5906,9	0	-15616	154283	45899
Cereais de inverno	561	77313	1181	3088	0,0	0	0	60247	21336
Arroz	404	58771	849	2220	5943,9	0	0	31267	36516
Leguminosas temporárias e permanentes	15	0	32	83	103,9	782	3	782	221
FORAGEM	182	19128	384	1003	1422,2	0	2	16867	5071
Horto-industriais e horticolas	135	11256	285	744	905,8	0	10392	18222	5360
Pomares	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Citrinos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Pomares frutos secos	18	1957	39	0	74,3	0	0	1550	521
Olival	92	9243	194	508	371,3	0	0	3352	6964
Vinha	4	387	9	23	11,3	0	0	54	377
Total	2194	382010	4614	11964	14740	782	-5220	286624	122265
Golegã, Golegã									
Milho	875	171294	5045	4811	121015,6	0	-17495	172846	111826
Cereais de inverno	629	86615	3628	3460	0,0	0	0	67495	26207
Arroz	452	65843	2607	2487	6659,0	0	0	35029	42567
Leguminosas temporárias e permanentes	115	0	663	632	789,8	2297	3	2297	2088
FORAGEM	45	4719	259	247	350,9	0	2	4162	1417
Horto-industriais e horticolas	587	48828	3385	3228	3929,3	0	45081	79048	25403
Pomares	16	1377	92	0	168,6	0	0	828	810
Citrinos	16	2634	92	0	171,4	0	0	1869	1029
Pomares frutos secos	15	1588	86	0	60,2	0	0	1257	477
Olival	140	13996	807	770	562,3	0	0	5077	11059
Vinha	34	3133	196	187	91,0	0	0	435	3172
Total	3840	400028	16862	15822	133798	2297	27591	370343	226055

Salvatera Magos UF de Granho e Glória do Ribatejo									
Milho	6	1443	916	30	41,8	0	-111	1092	1230
Cereais de inverno	4	547	659	22	0,0	0	0	426	802
Arroz	3	416	474	16	42,1	0	0	221	726
Leguminosas temporárias e permanentes	54	0	8942	297	370,4	367	3	367	9612
Forragem	1	85	135	4	6,4	0	2	76	157
Horto-industriais e horticolas	5	381	759	25	30,6	0	351	616	930
Pomares	0	28	54	0	3,4	0	0	17	69
Citrinos	0	54	54	0	3,5	0	0	38	73
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	2	196	325	11	7,9	0	0	71	469
Vinha	4	361	650	22	10,5	0	0	50	994
Total	78	3511	12969	426	517	367	245	2974	15061
Salvatera Magos, Marinhais									
Milho	34	8802	5304	185	254,9	0	-674	6659	7214
Cereais de inverno	24	3337	3814	133	0,0	0	0	2600	4684
Arroz	17	2537	2741	96	256,5	0	0	1349	4281
Leguminosas temporárias e permanentes	72	0	11292	395	492,8	9720	3	9720	12182
Forragem	35	3658	5489	192	272,0	0	2	3226	6386
Horto-industriais e horticolas	221	18403	34816	1217	1480,9	0	16991	29793	43115
Pomares	16	1373	2509	0	168,0	0	0	826	3224
Citrinos	15	2461	2352	0	160,1	0	0	1746	3228
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	1	100	157	5	4,0	0	0	36	230
Vinha	24	2204	3764	132	64,0	0	0	306	5857
Total	459	42873	72239	2354	3153	9720	16321	56260	90400
Salvatera Magos Muge									
Milho	198	51604	11387	1087	1494,5	0	-3951	39036	22585
Cereais de inverno	142	19562	8188	781	0,0	0	0	15243	13288
Arroz	102	14870	5885	562	1503,9	0	0	7911	14910
Leguminosas temporárias e permanentes	768	0	44245	4222	5272,7	12138	3	12138	53742
Forragem	42	4410	2424	231	328,0	0	2	3889	3505
Horto-industriais e horticolas	419	34900	24180	2307	2808,5	0	32222	56500	39917
Pomares	5	421	282	0	51,5	0	0	253	501
Citrinos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	9	880	507	48	35,4	0	0	319	1152
Vinha	91	8381	5242	500	243,5	0	0	1164	13202
Total	1775	135028	102340	9738	11738	12138	28275	136455	162802
Salvatera Magos União de freguesias de Salvaterra de Magos e Foros de Salvaterra									
Milho	671	175344	34836	3692	5078	0	-13425	132641	72885
Cereais de inverno	483	66468	25051	2655	0	0	0	51796	42378
Arroz	347	50527	18005	1908	5110	0	0	26881	48670
Leguminosas temporárias e permanentes	1416	0	73486	7788	9727	17121	3	17121	91003
Forragem	265	27767	13738	1456	2065	0	2	24485	20541
Horto-industriais e horticolas	905	63188	46970	4978	6059	0	93740	121901	93035
Pomares	9	754	455	0	92	0	0	454	847
Citrinos	25	4166	1313	0	271	0	0	2956	2795
Pomares frutos secos	98	10406	5101	0	395	0	0	8239	7662
Olival	4	389	202	21	16	0	0	141	487
Vinha	25	2332	202	139	68	0	0	324	2417
Total	4248	401342	219360	22637	28880	17121	80319	386938	382722
Santarém Pombalinho									
Milho	185	48357	240	1018	1400,5	0	-3702	36580	10733
Cereais de inverno	133	18331	172	732	0,0	0	0	14284	4951
Arroz	96	13934	124	526	1409,3	0	0	7413	8581
Leguminosas temporárias e permanentes	1	0	1	6	6,9	238	3	238	16
Forragem	1	104	1	6	7,8	0	2	93	28
Horto-industriais e horticolas	154	12812	199	847	1031,0	0	11829	20742	5977
Pomares	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Citrinos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Vinha	5	461	6	28	13,4	0	0	64	444
Total	575	93999	744	3162	3869	238	8131	79414	30729
Santarém União de freguesias de Marvila, Santa Iria da Ribeira de Santarém, São Nicolau e São Salvador									
Milho	75	19704	738	415	570,7	0	-1509	14905	5014
Cereais de inverno	54	7469	531	298	0,0	0	0	5820	2478
Arroz	39	5678	381	214	574,2	0	0	3021	3827
Leguminosas temporárias e permanentes	50	0	493	277	346,4	494	3	494	1120
Forragem	70	7364	687	386	547,6	0	2	6494	2492
Horto-industriais e horticolas	248	20459	2429	1365	1662,0	0	19456	33436	11936
Pomares	10	868	99	0	106,3	0	0	522	551
Citrinos	6	1022	61	0	66,5	0	0	725	424
Pomares frutos secos	13	1355	125	0	51,4	0	0	1073	459
Olival	80	7951	778	437	319,4	0	0	2884	6602
Vinha	163	15014	1594	896	436,3	0	0	2085	15855
Total	809	86884	7915	4290	4681	494	17951	71459	50756
Santarém União de freguesias de Vale da Figueira e São Vicente do Paul									
Milho	202	52835	24830	1112	1530,2	0	-4045	39968	36295
Cereais de inverno	145	20028	17855	800	0,0	0	0	15607	23076
Arroz	105	15225	12834	575	1539,8	0	0	8100	22073
Leguminosas temporárias e permanentes	138	0	16921	758	946,8	1590	3	1590	18628
Forragem	147	15389	18010	807	1144,2	0	2	13570	21781
Horto-industriais e horticolas	74	6180	9118	409	497,3	0	5705	10004	11905
Pomares	1	95	136	0	11,7	0	0	57	186
Citrinos	0	61	45	0	4,0	0	0	43	67
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	194	19399	23816	1067	779,3	0	0	7036	38025
Vinha	154	14236	18962	850	413,7	0	0	1977	32484
Total	1161	143447	142528	6377	6867	1590	1664	97953	204521

Santarém_Vale de Santarém									
Milho	6	1513	984	32	43,8	0	-116	1145	1312
Cereais de inverno	4	574	708	23	0,0	0	0	447	857
Arroz	3	436	509	16	44,1	0	0	232	773
Leguminosas temporárias e permanentes	6	0	992	32	40,1	40	3	40	1066
Forragem	5	496	804	26	36,9	0	2	438	926
Horto-industriais e horticolas	4	361	737	24	29,1	0	333	585	900
Pomares	0	14	27	0	1,7	0	0	8	34
Citrinos	0	13	13	0	0,8	0	0	9	18
Pomares frutos secos	0	42	67	0	1,6	0	0	33	77
Olival	2	205	348	11	8,2	0	0	74	499
Vinha	6	531	978	32	15,4	0	0	74	1482
Total	36	4184	6166	196	222	40	221	3085	7945
Torres Novas_União de freguesias de Alcorochel, Brogueira e Parceiros de Igreja									
Milho	2	491	192	10	14,2	0	-38	371	299
Cereais de inverno	1	186	138	7	0,0	0	0	145	187
Arroz	1	141	99	5	14,3	0	0	75	185
Leguminosas temporárias e permanentes	2	0	158	8	10,6	38	3	38	179
Forragem	2	241	235	13	17,9	0	2	213	295
Horto-industriais e horticolas	0	33	41	2	2,7	0	31	54	56
Pomares	1	125	148	0	15,3	0	0	75	214
Citrinos	0	40	25	0	2,6	0	0	29	40
Pomares frutos secos	1	57	55	0	2,2	0	0	45	69
Olival	15	1488	1521	82	59,8	0	0	540	2611
Vinha	9	844	936	50	24,5	0	0	117	1738
Total	35	3646	3549	179	164	38	-3	1702	5871
Torres Novas_Riachos									
Milho	93	24267	1636	511	702,8	0	-1858	18357	6902
Cereais de inverno	67	9199	1176	367	0,0	0	0	7168	3574
Arroz	48	6993	845	264	707,2	0	0	3720	5089
Leguminosas temporárias e permanentes	25	0	442	138	172,4	171	3	171	755
Forragem	19	1994	335	105	148,3	0	2	1759	824
Horto-industriais e horticolas	34	2847	603	188	229,1	0	2629	4610	1887
Pomares	5	426	87	0	52,1	0	0	256	309
Citrinos	4	689	74	0	44,8	0	0	489	319
Pomares frutos secos	1	81	13	0	3,1	0	0	64	33
Olival	11	1141	201	63	45,8	0	0	414	1036
Vinha	1	70	13	4	2,0	0	0	10	80
Total	308	47706	5425	1640	2108	171	775	37017	20808
Vila Nova da Barquinha_Praia do Ribatejo									
Milho	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Cereais de inverno	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Arroz	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Leguminosas temporárias e permanentes	3	0	72	16	20,5	20	3	20	112
Forragem	0	15	4	1	1,2	0	2	14	8
Horto-industriais e horticolas	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Pomares	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Citrinos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Olival	3	275	67	15	11,0	0	0	100	268
Vinha	0	14	4	1	0,4	0	0	2	17
Total	6	304	146	33	33	20	4	136	405
Vila Nova da Barquinha_Tancos									
Milho	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Cereais de inverno	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Arroz	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Leguminosas temporárias e permanentes	0	0	19	2	2,6	3	3	3	26
Forragem	1	59	28	3	4,4	0	2	52	43
Horto-industriais e horticolas	0	24	14	2	1,9	0	22	38	25
Pomares	0	8	5	0	1,0	0	0	5	0
Citrinos	0	16	5	0	1,0	0	0	11	0
Pomares frutos secos	0	10	5	0	0,4	0	0	8	0
Olival	1	113	56	6	4,6	0	0	41	139
Vinha	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Total	3	229	131	13	16	3	26	158	233
Vila Nova da Barquinha_Vila Nova da Barquinha									
Milho	2	472	25	10	14	0	-36	357	128
Cereais de inverno	1	179	18	7	0	0	0	139	65
Arroz	1	136	13	5	14	0	0	72	96
Leguminosas temporárias e permanentes	0	0	2	1	1	1	3	1	5
Forragem	0	45	6	2	3	0	2	41	18
Horto-industriais e horticolas	6	529	90	35	43	0	489	857	328
Pomares	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrinos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomares frutos secos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olival	0	33	5	2	1	0	0	12	29
Vinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11	1394	159	62	76	1	457	1479	669
Alcochete_Alcochete									
Milho	73	18997	7690	400	550,2	0	-1455	14371	11812
Cereais de inverno	52	7201	5530	288	0,0	0	0	5612	7407
Arroz	38	5474	3975	207	553,6	0	0	2912	7297
Leguminosas temporárias e permanentes	1305	0	137936	7175	8960,8	11146	3	11146	154074
Forragem	51	5381	5424	282	400,1	0	2	4745	6744
Horto-industriais e horticolas	324	26950	34252	1782	2168,7	0	24882	43629	46404
Pomares	4	316	387	0	38,6	0	0	190	552
Citrinos	3	483	310	0	31,4	0	0	342	482
Pomares frutos secos	183	19397	19373	0	736,0	0	0	15358	24147
Olival	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Vinha	1	135	155	8	3,9	0	0	19	283
Total	2034	84334	215032	10141	13443	11146	23431	98325	259203

Anexo XII

N *surplus* por concelho - Ano 1989

Concelho	Área	Área na ZV	SAU na ZV	N <i>surplus</i> kg ano ⁻¹	N <i>surplus</i> kg (ano.haSAU ZV) ⁻¹
Alenquer	2452	312	90	98	11300
Azambuja	12490	5649	2418	2429	523843
VFX	23965	14606	4676	4780	871752
Abrantes	4413	870	273	275	36269
Almeirim	22212	18042	11370	11993	1532129
Alpiarça	9536	9536	6366	6530	1560998
Benavente	52138	51904	24709	28557	3793588
Cartaxo	7539	5741	3252	3290	653347
Chamusca	28580	5772	1314	1581	182870
Constância	8037	879	111	145	18412
Coruche	35648	1529	431	543	66051
Golegã	7662	7051	5777	5279	852403
SM	24393	16995	8429	9513	1461560
Santarém	14523	5658	3321	3403	532981
TN	5665	648	341	378	50654
VNB	3513	315	29	33	7471
Alcochete	12836	9451	1466	1706	650347
Moita	5526	5523	2375	2575	740241
Montijo	34862	34814	7735	8666	3247450
Palmela	46512	46252	22825	23386	5307342
MN	21370	1	0	0,6	37
VN	22239	6	1	1,3	168
Total ZV	406110	241553	107311	115162	22101214

N *surplus* por concelho - Ano 1999

Concelho	Área	Área na ZV	SAU na ZV	N <i>surplus</i> kg ano ⁻¹	N <i>surplus</i> kg (ano.haSAU ZV) ⁻¹
Alenquer	2452	312	174	328	22027
Azambuja	12490	5649	3022	2989	582456
VFX	23965	14606	4710	4928	646056
Abrantes	4413	870	212	224	29307
Almeirim	22212	18042	8269	8781	949989
Alpiarça	9536	9536	9290	9668	1706483
Benavente	52138	51904	31392	36551	3278100
Cartaxo	7539	5741	3167	3368	465251
Chamusca	28580	5772	1438	1566	168553
Constância	8037	879	140	136	15912
Coruche	35648	1529	877	738	71690
Golegã	7662	7051	5400	5261	636871
SM	24393	16995	9780	10711	1263303
Santarém	14523	5658	3708	3161	686354
TN	5665	648	502	502	68784
VNB	3513	315	48	51	9106
Alcochete	12836	9451	2355	2752	500227
Moita	5526	5523	1764	1896	689583
Montijo	34862	34814	12776	13955	3189129
Palmela	46512	46252	22798	23192	4876141
MN	21370	1	0	1	36
VN	22239	6	5	5	313
Total ZV	406110	241553	121827	130763	19855670

N *surplus* por concelho - Ano 2009

Concelho	Área	Área na ZV	SAU na ZV	N surplus kg ano ⁻¹	N surplus kg (ano.haSAU ZV) ⁻¹
Alenquer	2452	312	108	9756	91
Azambuja	12490	5649	2625	343164	131
VFX	23965	14606	7878	584179	74
Abrantes	4413	870	325	20384	63
Almeirim	22212	18042	8843	1004522	114
Alpiarça	9536	9536	4930	392892	80
Benavente	52138	51904	28635	4322814	151
Cartaxo	7539	5741	3734	777989	208
Chamusca	28580	5772	2614	158759	61
Constância	8037	879	51	2644	51
Coruche	35648	1529	733	48337	66
Golegã	7662	7051	5384	348320	65
SM	24393	16995	7453	650985	87
Santarém	14523	5658	2367	293951	124
TN	5665	648	364	26679	73
VNB	3513	315	8	1307	170
Alcochete	12836	9451	2516	270397	107
Moita	5526	5523	902	174906	194
Montijo	34862	34814	13184	363404	28
Palmela	46512	46252	29018	2841499	98
MN	21370	1	1	47	57
VN	22239	6	5	417	85
Total ZV	406110	241553	121679	12637350	104